

**KEANEKARAGAMAN MAKROBENTOS SEBAGAI INDIKATOR BIOLOGI
KUALITAS AIR DI SUNGAI WAY BELAU BANDAR LAMPUNG**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat-syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana S1 dalam Ilmu Tarbiyah dan Keguruan**

Oleh:

**TEGUH SANTOSO
NPM. 1311060151**

Jurusan: Pendidikan Biologi



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN
LAMPUNG
1439 H/2017 M**

**KEANEKARAGAMAN MAKROBENTOS SEBAGAI INDIKATOR BIOLOGI
KUALITAS AIR DI SUNGAI WAY BELAU BANDAR LAMPUNG**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Melengkapi Tugas-tugas dan Memenuhi Syarat-syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana S1 dalam Ilmu Tarbiyah dan Keguruan**

Oleh:

**TEGUH SANTOSO
NPM. 1311060151**

Jurusan: Pendidikan Biologi

**Pembimbing I : Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd
Pembimbing II : Suci Wulan Pawhestri, M.Si**

**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN
LAMPUNG
1439 H/2017 M**

ABSTRAK

KEANEKARAGAMAN MAKROBENTOS SEBAGAI INDIKATOR BIOLOGI KUALITAS AIR DI SUNGAI WAY BELAU BANDAR LAMPUNG

Oleh :
TEGUH SANTOSO

Sungai Way Belau terletak di Kecamatan Teluk Betung Utara, Kota Bandar Lampung. Sebagian besar masyarakat di bantaran sungai Way Belau memanfaatkan sungai ini untuk menunjang aktivitas mandi, mencuci, dan pertanian. Kegiatan masyarakat tersebut secara langsung dapat mempengaruhi kondisi fisik, kimia dan biologi sungai. Organisme biologi yang dapat menilai kualitas suatu lingkungan disebut dengan bioindikator. Bioindikator yang digunakan pada penelitian ini adalah makrobentos. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas perairan sungai Way Belau yang ditentukan oleh keanekaragaman jenis makrobentos, parameter fisika serta kimia pada air sungai.

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni sampai bulan Agustus 2017. Terdapat tiga jenis parameter yang diukur yaitu, parameter kimia, fisika dan biologi atau bioindikator. Parameter kimia yang digunakan adalah DO, BOD, COD, dan pH. Parameter fisika yang digunakan adalah kedalaman, kekeruhan, dan suhu, sedangkan bioindikator yang digunakan adalah makrobentos. Identifikasi makrobentos dilakukan di Laboratorium Zoologi Fakultas MIPA Universitas Lampung sedangkan penilaian kualitas air secara fisika dan kimia dilakukan di Laboratorium Budidaya Perikanan Politeknik Negeri Lampung. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi. Terdapat 3 stasiun pengambilan sampel yaitu stasiun 1 (kondisi bantaran yang masih alami), stasiun 2 (kondisi bantaran yang berbatasan dengan area perladangan), dan stasiun 3 (kondisi bantaran yang dipenuhi rumah warga). Metode sampling dilakukan dengan menggunakan metode transek garis.

Dari hasil penelitian didapat nilai indeks keanekaragaman tertinggi terdapat pada stasiun 1 sebesar 0,721, nilai tersebut termasuk kedalam kategori tercemar berat berdasarkan Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener (H'). Nilai indeks keseragaman tertinggi terdapat pada stasiun 3 sebesar 0,579, nilai ini termasuk kedalam kategori tercemar sedang berdasarkan Indeks Keseragaman Shannon-Wiener (Evenness). Untuk nilai indeks dominansi dan kelimpahan tertinggi terjadi hampir diseluruh stasiun penelitian yakni sebesar 1, angka ini menunjukkan bahwa tingkat dominansi termasuk kedalam kategori tinggi yang menunjukkan bahwa komunitas hewan yang terdapat didalamnya stabil berdasarkan indeks dominansi simpson (C). Pada penilaian kualitas air berdasarkan parameter kimia dan fisika, hasil yang telah didapat menunjukkan bahwa kualitas air di sungai Way Belau termasuk kedalam air konsumsi atau air layak minum sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 tahun 2004 tentang baku mutu air. Berdasarkan hasil penilaian kualitas air secara fisika, kimia, dan biologi dapat disimpulkan bahwa kualitas perairan di sungai Way Belau termasuk kedalam kategori tercemar sedang.

Kata Kunci : Indikator kimia, indikator fisika, Makrobentos, pencemaran sungai.



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

Jl. Let. Kol H. Endro Suratmin Sukarame Bandar Lampung Telp. 0721 703260

PERSETUJUAN

**Judul Skripsi : KEANEKARAGAMAN MAKROBENTOS SEBAGAI
INDIKATOR BIOLOGI KUALITAS AIR DI SUNGAI WAY
BELAU BANDAR LAMPUNG**

Nama : Teguh Santoso
NPM : 1311060151
Jurusan : Pendidikan Biologi
Fakultas : Tarbiyah dan Keguruan

MENYETUJUI

**Untuk dimunaqosyahkan dan dipertahankan dalam Sidang Munaqosyah
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Raden Intan
Lampung**

Pembimbing I

Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd
NIP. 19840228 200604 1 004

Pembimbing II

Suci Wulan Pawhestri, M.Si
NIP. -

Mengetahui,
Ketua Jurusan Pendidikan Biologi

Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd
NIP. 19840228 200604 1 004



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI RADEN INTAN LAMPUNG
FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN**

Jl. Let. Kol H. Endro Suratmin Sukarame Bandar Lampung Telp. 0721 703260

PENGESAHAN

Skripsi dengan Judul: **Keanekaragaman Makrobentos Sebagai Indikator Biologi Kualitas Air di Sungai Way Belau Bandar Lampung**, disusun oleh : **Teguh Santoso, NPM : 1311060151**, Jurusan : Pendidikan Biologi, diujikan dalam sidang munaqosyah Fakultas Tarbiyah dan Keguruan pada Hari/Tanggal : Selasa, 24 Oktober 2017.

TIM PENGUJI

Ketua : Dr. Nanang Supriadi, M.Sc (.....)

Sekretaris : Aulia Novitasari, M.Pd (.....)

Penguji Utama : Marlina Kamelia, M.Sc (.....)

Penguji kedua : Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd (.....)

Pembimbing : Suci Wulan Pawhestri, M.Si (.....)

Dekan
Tarbiyah dan Keguruan,



Dr. H. Chairul Anwar, M.Pd
NIP. 195604151987031 0001

MOTTO

وَأَنْ لَّيْسَ لِلْإِنْسَانِ إِلَّا مَا سَعَىٰ

“Dan bahwasanya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya” (QS. An-Najm : 39)¹

¹ Departemen Agama RI, *Al-Qur'an dan Terjemahannya*, Toha Putra, Bandung, 2014, hlm. 527

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahahirabbil'alamiin, puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa memberikan kekuatan, kesabaran dan kemudahan kepada penulis untuk dapat menyelesaikan tugas akhir pada perkuliahan ini. Ku persembahkan skripsi ini sebagai bukti cinta dan kasih kepada :

1. Kedua orang tua ku tercinta Ayahanda Warsi dan Ibunda Pujiati yang senantiasa memberikan do'a, cinta dan kasih sayang, dukungan, motivasi, arahan serta bimbingan demi kelancaran dan keberhasilanku.
2. Kakakku tersayang Elok Wati Ningsih sebagai tempat berbagi ilmu dan seluruh keluarga besar ku yang senantiasa memberikan do'a, semangat dan dukungan untuk terus berusaha demi mencapai cita-citaku.
3. Almamater tercinta Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Intan Lampung.

RIWAYAT HIDUP

Penulis yang bernama Teguh Santoso adalah seorang putra dari pasangan suami istri yaitu Bapak Warsi dan Ibu Pujiati yang sangat penulis sayangi dan hormati. Penulis dilahirkan di Desa Pugung Raharjo, Kecamatan Sekampung Udik, Kabupaten Lampung Timur, pada tanggal 8 April 1995. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara.

Pendidikan pertama yang ditempuh oleh penulis dimulai dari Pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 4 Pugung Raharjo, Kecamatan Sekampung Udik, Lampung Timur diselesaikan pada tahun 2007. Selanjutnya penulis melanjutkan jenjang pendidikan ke Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Sekampung Udik, Kecamatan Sekampung Udik, Lampung Timur diselesaikan pada tahun 2010. Melanjutkan jenjang pendidikan di Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Sekampung Udik, Kecamatan Sekampung Udik, Lampung Timur diselesaikan pada tahun 2013. Selanjutnya Penulis diterima dan melanjutkan pendidikannya di Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung pada tahun 2013 pada Jurusan Pendidikan Biologi.

.

KATA PENGANTAR



Assalammu'allaikum, wr. wb.

Puji Syukur kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul **“Keanekaragaman Makrobentos Sebagai Indikator Biologi Kualitas Air Di Sungai Way Belau Bandar Lampung”**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) pada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung. Shalawat serta salam dihaturkan kepada Rasulullah SAW yang akan selalu menjadi tauladan terbaik bagi kehidupan manusia.

Penulis menyadari bahwa isi yang tersaji dalam skripsi ini masih jauh dari sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan dan pengalaman yang penulis miliki. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun, serta tanpa mengurangi rasa hormat, penulis menghaturkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Prof. Dr. H. Moh. Mukri, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. H. Chairul Anwar, M. Pd selaku Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung.

3. Bapak Dr. Bambang Sri Anggoro, M.Pd selaku ketua jurusan Pendidikan Biologi saat ini dan selaku pembimbing I atas kesedian waktunya untuk memberikan bimbingan, arahan, serta nasehat selama penulis menyusun skripsi dan menempuh perkuliahan.
4. Ibu Suci Wulan Pawhestri, M.Si selaku pembimbing II skripsi, yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, pemikiran, saran, nasehat, motivasi, serta kesabaran dengan sangat arif dan bijaksana sehingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen serta Asisten Dosen Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Raden Intan Lampung yang telah banyak membantu dan memberikan ilmunya kepada penulis selama menempuh perkuliahan.
6. Pimpinan perpustakaan dan seluruh karyawannya, baik perpustakaan Jurusan, Fakultas maupun perpustakaan Pusat serta seluruh civitas akademika Fakultas Tarbiyah UIN Raden Intan Lampung atas bantuannya dalam menyusun dan menyelesaikan skripsi ini.
7. Seluruh keluargaku, Paman, Bibi, Pakde, Bude dan semua sepupu ku atas limpahan do'a dan kasih sayang yang takkan pernah tergantikan.
8. Teman-teman seperjuangan Pramono, Eka Yulianti, Fitria Ratna Sari, Cika Dian Safitri, Amanda Diah Pangestika, Indri Angraeni, Habiburrohman, Amanda Apriliano, Merlyana, Nella Indry Septiana serta angkatan 2013 Pendidikan Biologi khususnya Biologi D yang telah banyak memberikan

masukan, motivasi dan bantuan selama penelitian dan penyelesaian skripsi ini.

9. Seluruh pihak yang telah memberikan bantuannya demi kelancaran dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga Allah SWT memberikan rahmat dan hidayahnya sebagai balasan atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Demikian skripsi ini dibuat, semoga dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan para pembaca umumnya. Atas bantuan dan partisipasi yang diberikan kepada penulis semoga menjadi amal ibadah disisi Allah SWT. Aamiin yaa Rabb.

Wassalammu'allaikum wr. wb.

Bandar Lampung, Oktober 2017
Penulis,

TEGUH SANTOSO
NPM. 1311060151

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
RIWAYAT HUDUP.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	10
C. Batasan Masalah.....	10
D. Rumusan Masalah	10
E. Tujuan Penelitian	11
F. Manfaat Penelitian	11
BAB II LANDASAN TEORI	

A. Pencemaran Sungai	13
B. Indikator Biologi	18

Halaman

C. Makrobentos.....	22
D. Parameter Kualitas Air.....	29
E. Komposisi Makrobentos	37
F. Profil Sungai Way Belau.....	45
G. Analisis Materi Pembelajaran	46
H. Kerangka Pemikiran.....	47
I. Hipotesis.....	51

BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat	52
B. Alat dan Bahan	52
C. Metode Penelitian.....	53
D. Desain Penelitian.....	54
E. Prosedur Penelitian.....	56
F. Teknik Pengumpulan Data.....	63
G. Teknik Analisi Data	63

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian	69
B. Pembahasan	79

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	91
B. Saran	91

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tabel 2.1 Pengaruh pH Terhadap Komunitas Biologi Perairan	32
2. Tabel 2.2 Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air	36
3. Tabel 2.3 Tiga Kelompok Hewan Makrobentos Sesuai Indeks EPT	37
4. Tabel 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel	55
5. Tabel 3.2 Indeks Dominansi Simpson	64
6. Tabel 3.3 Indeks Keceragaman Shannon-Wiener	65
7. Tabel 3.4 Indeks Keanekaragaman Jenis Shannon-Wiener	66
8. Tabel 4.1 Jumlah Individu	69
9. Tabel 4.2 Keanekaragaman, Keceragaman, dan Dominansi	73
10. Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Indikator fisika	73
11. Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Suhu	74
12. Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Kedalaman	75
13. Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Kecerahan.....	75
14. Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Indikator kimia	76
15. Tabel 4.8 Hasil pengukuran pH	77
16. Tabel 4.9 Hasil Pengukuran DO	77
17. Tabel 4.10 Hasil Pengukuran BOD	78
18. Table 4.11 Hasil Pengukuran COD	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Gambar 2.1 Morfologi Tubuh Crustacea	39
2. Gambar 2.2 Jenis-Jenis Gastropoda	41
3. Gambar 2.3 Bentuk-Bentuk Cangkang Pelecypoda	43
4. Gambar 2.4 Jenis-Jenis Annelida	44
5. Gambar 2.5 Aliran Sungai Way Belau dengan Perbesaran 10x Menggunakan Google Maps	46
6. Gambar 2.6 Skema Kerangka Pemikiran	52
7. Gambar 3.1 Stasiun 1 dan Letak Plot	55
8. Gambar 3.2 Stasiun 2 dan Letak Plot.....	55
9. Gambar 3.3 Stasiun 3 dan Letak Plot.....	56
10. Gambar 3.4 Skema Tahap Pelaksanaan	62
11. Gambar 4.1 <i>Thiaridae</i>	69
12. Gambar 4.2 <i>Lumbricidae</i>	71
13. Gambar 4.3 <i>Pleuroceridae</i>	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Lampiran Foto Alat dan Bahan	97
2. Lampiran Foto-Foto Penelitian	100
3. Lampiran Hasil Penelitian Makrobentos	104
4. Lampiran Surat Permohonan Mengadakan Penelitian	105
5. Lampiran Surat Izin Pemakaian Peralatan Laboratorium Zoologi Universitas Lampung	106
6. Lampiran Silabus	112
7. Lampiran Lembar Praktikum	114
8. Lampiran Hasil Uji Kualitas Air I di Laboratodiun Budidaya Perikanan Politeknik Negeri Lampung	119
9. Lampiran Hasil Uji Kualitas Air II di Laboratodiun Budidaya Perikanan Politeknik Negeri Lampung	120
10. Lampiran Perhitungan	121

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan yang ada di dunia. Kementerian Kelautan dan Perikanan tahun 2014 menyatakan bahwa Indonesia memiliki luas daratan seluas 1.922.570 km², luas lautan Indonesia seluas 7,9 juta km², serta Indonesia memiliki jumlah pulau kurang lebih 13.667 pulau¹. Perairan Indonesia yang cukup luas tersebut mempunyai banyak pesona yang terdapat di dalamnya meliputi flora dan fauna.

Perairan adalah kumpulan air di permukaan bumi yang menggenang atau mengalir baik air tawar, air payau, maupun air laut. Perairan tawar diantaranya adalah perairan sungai, danau, waduk, rawa dan genangan air lainnya (UU No.7/2004 tentang sumber daya air). Sekitar 75% dari permukaan bumi ditutupi perairan laut dan sisanya sebesar 25% merupakan perairan tawar dan perairan payau.²

¹Badan Pusat Statistik'' (On-line), tersedia di: <https://www.bps.go.id> (6 Febuari 2017)

²Nur El Fajri, Adnan Kasry, *Kualitas Perairan Muara Sungai Siak Ditinjau Dari Sifat Fisik-Kimia Dan Makrobentos, Berkala Perikanan Terubuk*, (Riau, 2013), h. 38.

Air merupakan sumber daya alam karunia Allah SWT yang sangat penting dan sangat diperlukan oleh manusia sepanjang masa serta menjadi bagian dari kehidupan dan kebutuhan dasar manusia. Semua kegiatan kehidupan manusia dari kebutuhan pangan sampai kebutuhan industri memerlukan air dengan jumlah yang cukup dan dengan kualitas sesuai dengan kebutuhannya. Untuk itu umat manusia harus menjaga kelestarian air dari penurunan kualitasnya.

Manusia menggunakan air untuk memenuhi kebutuhan konsumsi makan dan minum. Air juga digunakan untuk memenuhi keperluan lainnya seperti pertanian dan industri. Sebagian besar air yang digunakan untuk memenuhi keperluan manusia sehari-hari berasal dari sungai. Sungai menjadi penyedia air yang paling utama bagi manusia, dengan dijadikannya penyedia air yang paling utama maka akan menimbulkan dampak negatif pada sungai. Salah satu dampak negatif yang terjadi pada sungai yaitu terjadinya pencemaran air. Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan komponen lain kedalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.³

Sungai digunakan manusia untuk menunjang kebutuhan hidup seperti untuk kegiatan mandi dan mencuci. Manusia menggunakan air untuk mandi dan mencuci dengan menggunakan sabun dan detergen yang mengandung bahan kimia. Bahan

³Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, Sistem Informasi Lingkungan Hidup Provinsi Lampung,” (On-line), tersedia di: <http://bplhd.lampungprov.go.id> (6 Februari 2017).

kimia yang terdapat pada sabun dan detergen dapat menyebabkan sungai menjadi tercemar. Masalah yang paling utama menyebabkan terjadinya pencemaran sungai adalah perilaku sebagian manusia yang membuang limbah dan sampah pada aliran sungai tanpa memikirkan dampak yang akan terjadi.

Manusia sebagai makhluk ciptaan Allah SWT yang paling sempurna di muka bumi ini hendaknya dapat menjaga dan memanfaatkan dengan baik karunia Allah SWT seperti memanfaatkan sungai tanpa merusaknya. Sesuai dengan firman Allah SWT seperti yang tercantum pada Q.S. Al-Baqarah Ayat 12 berikut ini:

أَلَا إِنَّهُمْ هُمُ الْمُفْسِدُونَ وَلَكِنْ لَا يَشْعُرُونَ ﴿١٢﴾

Artinya: *“Ingatlah, sesungguhnya mereka itulah orang-orang yang membuat kerusakan, tetapi mereka tidak sadar.” (Q.S. Al-Baqarah 2 : 12)*⁴

Ayat diatas menjelaskan bahwa Allah SWT mengingatkan manusia akan perbuatan yang mereka lakukan terutama yang mereka tidak disadari telah membuat atau menyebabkan kerusakan di alam ini. Jika ayat tersebut dihubungkan dengan sungai dan lingkungan disekitarnya maka dapat diartikan manusia telah diberikan anugerah berupa sungai yang dialiri air yang bersih dan dihuni oleh makhluk hidup yang dapat dimanfaatkan. Sebagian besar manusia memanfaatkan sungai hanya untuk kepentingan sendiri tanpa memikirkan kondisi yang akan terjadi pada air dan makhluk hidup di dalamnya dikemudian hari, misalnya digunakan untuk mencuci

⁴Departemen Agama RI, *Al-Hikmah Al-Qur'an dan Terjemahannya* (Bandung; Diponegoro, 2010), h. 499

dan membuang limbah pabrik. Perilaku mencuci dan membuang limbah pabrik pada air sungai akan menyebabkan terjadinya perubahan kualitas pada perairan yang dapat ditinjau secara fisik dan kimia.

Menurut peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor: 63/PRT/1993, sungai adalah tempat-tempat dan wadah-wadah serta jaringan pengaliran air mulai dari mata air sampai muara dengan dibatasi kanan dan kirinya sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan atau garis batas luar sungai.⁵ Sungai terbagi atas tiga bagian yaitu di bagian atas atau mata air yang disebut hulu, bagian tengah yang memanjang yang disebut badan sungai, dan bagian akhir sungai yang disebut hilir atau muara. Air yang terdapat pada hulu dan hilir sungai mempunyai perbedaan. Perbedaan yang sangat mencolok adalah air yang berada di hulu merupakan air tawar yang berasal dari mata air, sedangkan air yang berada di daerah hilir merupakan air payau karena sudah bercampur dengan air laut yang asin.

Perairan tawar maupun asin, tersusun atas dua komponen utama yaitu komponen abiotik dan biotik. Kedua komponen ini saling terikat satu sama lain untuk mencapai keseimbangan. Komponen biotik dapat diartikan sebagai komponen-komponen penyusun ekosistem yang berupa makhluk hidup. Komponen biotik berkembang biak dan bertahan hidup dalam lingkungan abiotik. Komponen abiotik diartikan sebagai komponen-komponen penyusun ekosistem yang berupa benda tidak

⁵ Taryati, *Pemahaman Masyarakat Terhadap Daerah Rawan Ekologi di Kabupaten Sragen dan Kabupaten Bojonegoro* (Semarang: Balai Pelestarian Sejarah dan Nilai Tradisional, 2012), h. 46

hidup. Komponen abiotik sangat mempengaruhi jenis dan pola hidup komponen biotik dalam suatu ekosistem. Komponen biotik dan abiotik dapat dijadikan sebagai indikator untuk melihat tingkat pencemaran pada suatu wilayah seperti sungai.

Penentuan tercemar atau tidaknya suatu perairan dapat dilakukan suatu pengukuran dengan menggunakan tiga indikator pengukuran. Indikator tersebut adalah indikator fisika, kimia dan biologi untuk air. Untuk indikator fisika atau fisis dapat menggunakan suhu, warna, tingkat kejernihan air, serta ada tidaknya perubahan bau dan rasa. Untuk indikator kimia dapat menggunakan zat kimia terlarut, perubahan pH, oksigen terlarut, nitrat, fosfat, dan amoniak,⁶ sedangkan untuk indikator biologinya dapat menggunakan makhluk hidup.⁷

Kelompok organisme hidup yang sensitif dan dapat dijadikan pendeteksi tingkat pencemaran lingkungan yang terjadi seperti sungai disebut bioindikator atau indikator biologi⁸. Pada saat ini penggunaan indikator biologi menjadi sangat penting, karena indikator biologi dapat menunjukkan kondisi terkini suatu tingkat pencemaran lingkungan seperti pencemaran yang terjadi pada daerah perairan. Indikator biologi perairan dapat berupa plankton, bentos, atau ganggang. Plankton adalah organisme renik yang hidup mengikuti arus air. Bentos adalah organisme dasar perairan, baik berupa hewan maupun tumbuhan hidup di dasar perairan,

⁶ Frits Tatangindatu, *Studi Parameter Fisika Kimia Air pada Areal Budidaya Ikan di Danau Tondano, Desa Paleloan, Kabupaten Minahasa*, Budidaya Perairan (Minahasa, 2013), h. 1

⁷ Siti Rudiyaniti, *Kualitas Perairan Sungai Banger Pekalongan Berdasarkan Indikator Biologis*, (Jurnal Saintek Perikanan, Pekalongan, 2011), h. 46

⁸ Sapto Purnomo Putro, *Metode Sampling Penelitian MakroBentos dan Aplikasinya* (Yogyakarta; Graha Ilmu, 2014), h. 1

berdasarkan sifat hidupnya, bentos digolongkan menjadi dua yakni fitobentos dan zoobentos.

Fitobentos merupakan organisme bentos yang mempunyai sifat seperti tumbuhan, sedangkan zoobentos merupakan organisme bentos yang mempunyai sifat seperti hewan.⁹ Berdasarkan ukurannya bentos dapat dibedakan menjadi makrobentos, mesobentos atau meiobentos, dan mikrobentos. Makrobentos adalah organisme yang hidup didasar perairan dan tersaring oleh saringan yang berukuran mata saring 1,0 x 1,0 milimeter yang pada pertumbuhan dewasanya berukuran 3-5 milimeter. Mesobentos merupakan organisme yang mempunyai ukuran antara 0,1-1,0 milimeter, misalnya golongan Protozoa yang berukuran besar, cacing berukuran kecil, Crustacea berukuran yang sangat kecil, misalnya Ostracoda. Mikrobentos adalah organisme yang mempunyai ukuran kurang dari 0,1 milimeter, misalnya Protozoa.¹⁰

Makrobentos merupakan salah satu kelompok terpenting dalam ekosistem perairan sehubungan dengan perannya sebagai salah satu rantai penghubung dalam aliran energi dari alga planktonik sampai ke konsumen tingkat tinggi, dekomposisi dan mineralisasi material organik yang memasuki perairan, serta menduduki tingkat trofik dalam rantai makanan.¹¹ Kelompok makrobentos merupakan kelompok hewan

⁹ Barus, *Faktor-Faktor Lingkungan Abiotik Dan Keanekaragaman Plankton Sebagai Indikator Kualitas Perairan Danau Toba* (Jurnal Mahasiswa Dan Lingkungan XI, 2004), h. 62

¹⁰ Sapto Purnomo Putro, *Op. Cit.* h. 1

¹¹ Ni Made Suartini, *Identifikasi Makrozoobentos di Tukan Bausan Desa Pererenan* (Bali, Jurnal Ilmiah Ectotropik 5, 2007), h. 41

yang relatif menetap di dasar perairan dan kerap digunakan sebagai petunjuk biologis (indikator) kualitas perairan.¹² Makrobentos dapat dijadikan petunjuk biologis kualitas perairan, karena makrobentos memiliki sifat kepekaan terhadap bahan pencemar, mobilitas atau pergerakan yang rendah atau lamban, mudah ditangkap serta memiliki kelangsungan hidup yang cukup panjang. Oleh karena itu peran dan keberadaan makrobentos dalam keseimbangan suatu ekosistem perairan termasuk sungai dapat dijadikan indikator terkini pada suatu kawasan.

Pola hidup makrobentos yang menetap di dasar perairan sering digunakan untuk menduga atau memperkirakan ketidakseimbangan fisik, kimia dan biologi perairan. Suatu perairan yang sehat atau belum tercemar akan menunjukkan jumlah individu yang seimbang atau sama besar jumlahnya dari jumlah keberagaman spesies makrobentos yang ada. Suatu perairan yang tercemar, penyebaran jumlah individu tidak merata dan cenderung terdapat spesies makrobentos yang mendominasi.¹³ Tingkat keberagaman makrobentos yang terdapat di lingkungan perairan dapat digunakan sebagai indikator pencemaran. Struktur komunitas hewan makrobentos dapat diketahui berdasarkan komposisi, kelimpahan, keanekaragaman, dan distribusinya.

¹²M.Zahidin, *Kajian kualitas air di muara sungai ekalongan ditinjau dari indeks keanekaragaman makrobenthos dan indeks saprobitas plankton (tesis)* (Semarang, Universitas Diponegoro, 2013), h. 31

¹³Odum E. P. *Dasar-Dasar Ekologi Edisi Ketiga*, (Yogyakarta, Universitas Gadjah Mada Pres, 1994), h. 370

Lampung merupakan salah satu provinsi yang ada di Indonesia, dengan ibukotanya Bandar Lampung. Secara geografis Bandar Lampung terletak pada $5^{\circ} 20'$ - $5^{\circ} 30'$ LS dan $105^{\circ} 28'$ - $105^{\circ} 37'$ BT. Letak tersebut berada diujung selatan Pulau Sumatra, dan memiliki luas wilayah $192,18 \text{ km}^2$. Batas wilayahnya meliputi sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Natar Kabupaten Lampung Selatan, sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Padang Cermin dan Ketibung Lampung Selatan serta Teluk Lampung, sebelah timur berbatasan dengan Tanjung Bintang Kabupaten Lampung Selatan dan sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Gedung Tataan dan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran.

Kota Bandar Lampung secara hidrologis dilalui oleh sungai-sungai yang masuk dalam Wilayah Sungai Way Seputih dan Way Sekampung. Sungai-sungai tersebut diantaranya Sungai Way Halim, Way Awi, di wilayah Tanjung Karang dan Way Kuripan, Way Balau, Way Garuntang, mengalir di wilayah Teluk Betung. Kota Bandar Lampung mempunyai 2 sungai besar yaitu Way Kuripan dan Way Kuala, dan 23 sungai-sungai kecil. Sungai-sungai yang melintasi Kota Bandar Lampung adalah sungai kecil dengan debit air yang kecil diantaranya adalah, Way Penengahan, Way Kunit, Way Keteguhan dan Way Belau.¹⁴

Kota Bandar Lampung sangat banyak dilintasi sungai, salah satu sungai tersebut adalah Sungai Way Belau. Masyarakat sering menyebut sungai Way Belau ini dengan sebutan Sungai Batu Putu, hal tersebut dikarenakan aliran sungai ini

¹⁴Letak geografis kota Bandar Lampung” (On-line), tersedia di: <http://digilib.unila.ac.id> (9 februari 2017).

melintasi objek Wisata Air Terjun Batu Putu. Aliran Sungai Way Belau ini melewati Desa Batu Putu, Kecamatan Teluk Betung Utara, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung dengan panjang ± 100 km.

Kondisi daerah hulu sungai ini masih terjaga dengan ekosistem hutan yang masih cukup alami. Pada daerah aliran sungai seperti di pertengahan sungai, telah mengalami perubahan tata guna lahan dan sampai di hilir sungai sudah identik perkebunan dan pemukiman warga sehingga berpotensi menyebabkan perubahan kualitas lingkungan perairan sungai. Di bagian hilir Sungai ini warna air yang mengalir sudah berubah warna, perubahan warna tersebut terjadi karena sebagian penduduk disepanjang sungai memanfaatkan sungai untuk mandi, mencuci, dan membuang sampah. Sebagian Industri juga turut ambil bagian dalam hal mencemari sungai seperti membuang sampah sisa produksi ke aliran sungai terutama limbah cair pada aliran sungai. Perilaku tersebut menyebabkan terjadinya penurunan kualitas air di Sungai Way Belau. Beragamnya kegiatan manusia disepanjang Sungai Way Belau ini akan berpengaruh juga terhadap kehidupan biota sungai termasuk makrobentos yang hidup di sungai.

Makrobentos mempunyai peranan yang sangat penting pada ekosistem sungai, dan minimnya data atau informasi tentang jenis makrobentos terutama di perairan Sungai Way Belau ini, maka perlu dilakukan penelitian tentang keanekaragaman makrobentos sebagai indikator biologi kualitas air di Sungai Way Belau Kota Bandar Lampung.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang dapat diidentifikasi adalah sebagai berikut.

1. Pada beberapa titik di aliran Sungai Way Belau telah mengalami alih fungsi.
2. Sebagian masyarakat disekitar sungai banyak yang memanfaatkan aliran sungai untuk mandi, mencuci, dan membuang sampah.
3. Belum adanya penelitian terkini tentang tingkat pencemaran air yang sedang terjadi di Sungai Way Belau.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka penulis perlu membatasi masalah yaitu :

1. Penelitian ini akan dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Way Belau.
2. Penelitian ini menggunakan tiga stasiun penelitian yang berbeda.
3. Penelitian ini akan mengamati keanekaragaman jenis makrobentos sampai tingkat famili di Sungai Way Belau.

D. Rumusan Masalah

Keanekaragaman makrobentos yang ada di ekosistem perairan Sungai Way Belau sampai saat ini belum diketahui secara keseluruhan sehingga tingkat keanekaragaman jenis makrobentosnya perlu diamati untuk mengetahui tingkat pencemaran air sungai disana. Berdasarkan uraian di atas maka timbul suatu masalah

yaitu:

1. Bagaimana keanekaragaman makrobentos yang terdapat pada ekosistem perairan Sungai Way Belau?
2. Bagaimana tingkat pencemaran air di Sungai Way Belau berdasarkan penilaian kualitas air?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui keanekaragaman jenis makrobentos pada ekosistem perairan pada Sungai Way Belau.
2. Untuk mengetahui tingkat pencemaran sungai yang terjadi pada Sungai Way Belau berdasarkan indikator kimia, fisika dan biologi.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi peneliti yaitu memberi informasi tentang keanekaragaman jenis makrobentos pada ekosistem perairan Sungai Way Belau.
2. Bagi masyarakat yaitu penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi pencemaran yang terjadi di Sungai Way Belau sehingga dapat membuat masyarakat sadar akan pentingnya menjaga ekosistem sungai.
3. Bagi Institut Agama Islam Negeri Raden Intan Lampung dan lembaga kesehatan serta para pemerhati lingkungan tentang keberagaman makrobentos dan tingkat pencemaran yang terjadi pada Sungai Way Belau.

4. Bagi peserta didik, penelitian ini sebagai sumber belajar bagi peserta didik kelas X (sepuluh) semester genap pada materi pencemaran lingkungan dan daur ulang limbah.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Pencemaran Sungai

Permasalahan yang sering muncul di dunia bahkan di Indonesia adalah masalah tentang lingkungan, baik lingkungan dalam arti sosial maupun lingkungan alam sekitar. Lingkungan adalah suatu sistem kompleks yang berada di luar individu yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan organisme. Komunitas organisme di suatu wilayah beserta faktor-faktor fisik yang berinteraksi dengan organisme-organisme tersebut disebut dengan ekosistem.¹ Dalam sebuah ekosistem, komunitas organisme dan lingkungan fisiknya berkembang secara bersamaan, yang artinya organisme tersebut akan beradaptasi dengan lingkungan fisik begitupun sebaliknya, organisme tersebut juga dapat mempengaruhi lingkungan fisik yang digunakan untuk keperluan hidupnya.

Setiap organisme, hidup dalam lingkungan masing-masing. Begitu juga dengan kuantitas dan kualitas organisme penghuni disetiap habitatnya tidak sama. Faktor-faktor di dalam lingkungan selain berinteraksi dengan organisme, juga berinteraksi sesama faktor tersebut, sehingga sulit untuk memisahkan dan

¹ Jane B. Reece, Neil A. Campbell, *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 3* (Jakarta: Erlangga, 2010), h. 327

mengubahnya tanpa mempengaruhi bagian lain dari lingkungan itu. Berdasarkan hal itu, untuk dapat memahami strukturnya perlu dilakukan penggolongan faktor-faktor lingkungan tersebut. Faktor-faktor lingkungan dapat digolongkan menjadi dua kategori yaitu:²

1. Lingkungan abiotik seperti suhu, udara, cahaya, atmosfer, mineral, dan air.
2. Lingkungan biotik yaitu makhluk-makhluk hidup diluar lingkungan abiotik.

Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan komponen lain ke dalam air, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Air yang tersebar di alam semesta ini tidak pernah terdapat dalam bentuk murni, namun bukan berarti bahwa semua air sudah tercemar, sebagai contoh walaupun di daerah pegunungan atau hutan yang terpencil dengan udara yang bersih dan bebas dari pencemaran, air hujan yang turun di atasnya selalu mengandung bahan-bahan terlarut, seperti CO₂, O₂, dan N, serta bahan-bahan tersuspensi misalnya debu dan partikel-partikel lainnya yang terbawa air hujan dari atmosfer.

Air permukaan dan air sumur umumnya mengandung bahan-bahan metal terlarut, seperti Na, Mg, Ca, dan Fe. Air yang mengandung komponen-komponen tersebut dalam jumlah tinggi disebut air sadah. Berdasarkan contoh di atas, dijelaskan bahwa air yang tidak tercemar tidak selalu air murni, tetapi merupakan air yang tidak mengandung bahan-bahan asing tertentu dalam jumlah melebihi batas

² Sambas wirakusuma, *Dasar-dasar ekologi bagi populasi dan komunitas*(Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press), 2013), h. 108

yang telah ditetapkan sehingga air tersebut dapat digunakan secara normal untuk keperluan tertentu, misalnya untuk air minum, berenang atau rekreasi, mandi, kehidupan hewan air, pengairan dan keperluan industri. Kebutuhan makhluk hidup akan air sangat bervariasi, maka batas pencemaran untuk berbagai jenis air juga berbeda.³

Pencemaran air dapat juga diartikan sebagai suatu keadaan, dimana air tersebut telah mengalami penyimpangan dari keadaan normalnya. Keadaan normal air masih tergantung pada faktor penentu, yaitu kegunaan air itu sendiri dan asal sumber air.⁴ Saat ini pencemaran air di Indonesia sudah menjadi masalah yang serius, tetapi usaha masyarakat untuk mengolah air limbah domestik masih kurang. Air limbah domestik yang dibuang langsung ke badan air seperti sungai, tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu akan menyumbangkan limbah dalam bentuk padatan tersuspensi dan bahan buangan yang memerlukan oksigen. Hal ini menyebabkan terhambatnya proses regenerasi oksigen dikarenakan terhalangnya sinar matahari masuk kedalam air dan konsumsi oksigen oleh mikroorganisme untuk merombak bahan buangan yang memerlukan oksigen menjadi terhambat, sehingga akan menurunkan jumlah oksigen terlarut di dalam air dan mengganggu kehidupan perairan. Pengolahan kualitas air merupakan salah satu prioritas dalam pengolahan lingkungan di Indonesia. Soemarwoto menyatakan bahwa, air mempunyai karakteristik fisik dan kimiawi yang sangat mempengaruhi kehidupan

³ Philip kristanto, *Ekologi industry* (Yogyakarta: andi offset, 2002), h. 72

⁴ Suharsono, *Jendela Iptek Ekologi* (Bandung: Djambatan, 2000), h. 196

mikroorganisme di dalamnya.⁵ Pencemar air termasuk salah satu yang sangat mempengaruhi kehidupan mikroorganisme di dalam air, pencemaran air tersebut dapat dikelompokkan sebagai berikut:⁶

1. Bahan buangan organik

Bahan buangan organik pada umumnya berupa limbah yang dapat membusuk atau terdegradasi oleh mikroorganisme, sehingga hal ini dapat mengakibatkan semakin berkembangnya mikroorganisme dan mikroba patogen pun ikut juga berkembang biak dimana hal ini dapat mengakibatkan berbagai macam penyakit.

2. Bahan buangan anorganik

Bahan buangan anorganik pada umumnya berupa limbah yang tidak dapat membusuk dan sulit didegradasi oleh mikroorganisme. Apabila bahan buangan anorganik ini masuk ke air lingkungan maka akan terjadi peningkatan jumlah ion logam di dalam air, sehingga hal ini dapat mengakibatkan air menjadi bersifat sadah karena mengandung ion kalsium dan ion magnesium. Selain itu ion-ion tersebut dapat bersifat racun seperti timbal, arsen dan air raksa yang sangat berbahaya bagi tubuh manusia.

3. Bahan buangan zat kimia

Bahan buangan zat kimia banyak ragamnya seperti bahan pencemar air yang berupa sabun, bahan pemberantas hama, zat warna kimia, larutan pemutih kulit, dan zat radioaktif. Zat kimia ini, merupakan racun yang mengganggu dan dapat mematikan hewan air, tanaman air, dan mungkin juga manusia.

Pencemaran air paling sering terjadi di sungai. Pencemaran sungai diduga kuat berasal dari kegiatan domestik, industri, pertanian dan perkebunan. Hal ini sejalan dengan pendapat Haslan yang menyatakan bahwa beberapa jenis aktivitas utama yang menimbulkan pencemaran sungai antara lain, kegiatan domestik, kegiatan industri dan kegiatan pertanian, terutama akibat adanya penambahan pupuk dan pembasmi hama dimana senyawa-senyawa yang terdapat di dalamnya tidak mudah terurai walaupun dalam jumlah yang sedikit, tetapi justru aktif pada

⁵Wahyu budi setiawan, *Interaksi darat dan laut “pengaruhnya terhadap sumber daya dan lingkungan”* (Jakarta: LIPI Press, 2004), h. 266

⁶ Suharsono, *Jendela Iptek Ekologi* (Bandung: Djambatan, 2000), h. 196

konsentrasi yang rendah. Aktivitas yang berlangsung dalam perairan sendiri seperti kegiatan transportasi, pengerukan, abrasi tebing, dan lainnya, juga menimbulkan pencemaran perairan sungai, yang akan mempengaruhi kondisi ekologisnya.

Keberadaan bahan pencemar tersebut menyebabkan penurunan kualitas perairan muara atau hilir sungai, karena adanya akumulasi bahan-bahan pencemar yang bersumber dari aliran sungai ke muara. Terjadinya akumulasi bahan pencemar dikhawatirkan dapat menimbulkan kerusakan yang lebih parah terhadap ekosistem muara sungai diantaranya adalah penurunan kualitas perairan muara sungai yang tidak sesuai lagi dengan peruntukannya, serta hilangnya keanekaragaman hayati khususnya spesies asli muara sungai. Dampak yang timbul tidak hanya dapat menimbulkan kerugian secara ekonomis tetapi juga dapat merugikan secara ekologis, berupa penurunan produktivitas hayati perairan dan keanekaragaman sumber daya hayati.⁷

Pengolahan daerah aliran sungai mutlak menjadi sangat penting dalam pengurangan limbah yang masuk ke wilayah muara. Segala upaya yang dilakukan di wilayah muara tidak akan ada artinya, jika di wilayah hulu tidak ditangani dengan baik. Penduduk di daerah hulu masih menganggap bahwa sungai merupakan tempat pembuangan sampah terpanjang di dunia, sedangkan penduduk kota dan wilayah pesisir menganggap laut sebagai tempat sampah terbesar di dunia. Pengolahan daerah aliran sungai menjadi sangat rumit, dikarena daerah pelimpah banjir yang seharusnya

⁷ Nur El Fajri, *Kualitas Perairan Muara Sungai Siak Ditinjau Dari Sifat Fisik-Kimia Dan Makrozoobentos* (Riau: Perikanan Terubuk, 2013), h. 2.

tidak boleh dirusak dan dibangun telah berubah menjadi perumahan, bahkan di semua daerah bantaran sungai telah dibangun rumah-rumah semi-permanen dan semuanya melakukan aktivitas MCK (Mandi, Cuci, dan Kakus) dan buang sampah secara langsung ke sungai. Industri yang berada disepanjang aliran sungai masih banyak yang membuang limbah cairnya langsung ke sungai tanpa diolah terlebih dahulu. Di wilayah hulu, limbah lebih banyak didominasi oleh limbah pertanian, di wilayah hilir telah didominasi oleh limbah kota dan industri, dan untuk wilayah di pesisir beban limbah pelabuhan dan industri menjadi sangat dominan. Limbah pertanian, industri, rumah tangga dan pelabuhan yang dibawa ke laut melalui sungai dan semuanya terakumulasi di muara sungai.⁸

B. Indikator Biologi

Kualitas air suatu badan perairan dapat ditentukan oleh banyak faktor seperti zat terlarut, zat yang tersuspensi dan makhluk hidup yang ada di dalam badan perairan tersebut. Indikator biologi merupakan kelompok organisme yang kehadirannya atau perilakunya di alam berkorelasi atau dengan kondisi lingkungan.⁹

Indikator biologi menurut McGeoch, berdasarkan aplikasinya dapat dikelompokkan ke dalam tiga kategori yaitu:¹⁰

⁸ Suharsono *Op. Cit.* h. 171.

⁹ Revis Asra, *Makrozoobentos Sebagai Indikator Biologi Dari Kualitas Air Di Sungai Kumpeh Dan Danau Arang-Arang kabupaten Muaro Jambi* (Jambi: Jurnal Ilmiah, 2011), h. 23

¹⁰ McGeoch MA, *The Selection, Testing, and Application of Terrestrial Insect as Bioindicator Biol Rev* 73 (London: 1998), h. 181-201, dikutip oleh Doni Setiawan. "Skripsi: Struktur Komunitas Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Lingkungan Perairan Hilir Sungai Musi"(Bogor: Intitut Teknologi Bogor, 2008), h. 14.

1. Indikator lingkungan (*Environmental Indicator*) adalah spesies atau kelompok spesies yang tanggap terhadap lingkungan yang rusak atau perubahan kondisi lingkungan. Indikator lingkungan dibagi lagi menjadi 5 yaitu *Sentinels*, *Detektor*, *Eksplaiter*, *Akumulator* dan *Bioassay Organisme*.
2. Indikator ekologis (*Ecological Indicator*) yaitu karakteristik takson atau kelompok yang sensitif untuk mengidentifikasi faktor tekanan lingkungan, yang dapat menggambarkan pengaruh dari tekanan-tekanan ini terhadap biota dan tanggapannya diwakili oleh sedikit takson yang ada pada habitat tersebut.
3. Indikator keanekaragaman hayati (*Biodiversity Indicator*) adalah kelompok takson dimana keanekaragamannya dapat menggambarkan beberapa ukuran tentang keanekaragaman kekayaan jenis, kekayaan sifat dan endemisitas takson di atasnya dalam sebuah habitat atau kelompok habitat.

Kriteria umum untuk menetapkan suatu organisme digunakan sebagai indikator adalah:¹¹

1. Tingkat takson yang tinggi, takson yang dipilih telah diketahui secara detail dan taksonominya jelas dan mudah untuk diidentifikasi.
2. Biologi organisme tersebut diketahui dengan baik, memiliki respon yang baik terhadap faktor tekanan atau perubahan sifat habitat.
3. Keberadaan organisme tersebut melimpah dan mudah disurvei.
4. Terdistribusi dalam ruang dan waktu.
5. Berkorelasi kuat dengan komunitas keseluruhan atau tidak berkorelasi kuat dengan faktor tekanan.

Organisme yang dapat digunakan sebagai indikator biologi dalam suatu badan perairan adalah phytoplankton, zooplankton, bentos dan nekton. Penggunaan bentos terutama makrobentos sebagai indikator biologi kualitas perairan bukanlah merupakan hal yang baru. Beberapa sifat hidup hewan bentos ini memberikan keuntungan untuk digunakan sebagai indikator biologi, dengan demikian perubahan kualitas air pada tempat hidupnya akan berpengaruh terhadap komposisi dan

¹¹ Hordkinson ID, Jackson JK. 2005. *Terrestrial and Aquatic Invertebrates as Bioindicators for Environmental Monitoring, with Particular Reference to Mountain Ecosystems*. *Environ Manag* Vol. 35 (London: 1990), h. 649-666, dikutip oleh Doni Setiawan. "Skripsi: Struktur Komunitas Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Lingkungan Perairan Hilir Sungai Musi" (Bogor: Intitut Teknologi Bogor, 2008), h. 17.

kelimpahannya. Komposisi dan kelimpahan makrobentos bergantung kepada toleransi atau sensitifitasnya terhadap perubahan lingkungan. Beberapa organisme makrobentos sering digunakan sebagai spesies indikator kandungan bahan organik dan dapat memberikan gambaran yang lebih tepat dibandingkan pengujian fisika dan kimia.¹²

Hewan makrobentos memiliki berbagai peranan penting antara lain sebagai bagian penting dalam sistem jaring-jaring makanan ekosistem perairan, baik di sungai, danau, pesisir maupun laut dalam, memiliki peranan penting dalam memperbaiki struktur sedimen melalui aktivitas penggalian lubang, mengebor, bioturbasi, ekskresi dan lain-lain, sebagai bagian penting dalam menentukan kualitas perairan, melalui ada atau tidaknya, perbandingan jumlah kepadatan antar jenis atau kelompok makrobentos antar ruang dan waktu, dan dominasi taksa tertentu. Organisme yang hidup di perairan dapat dijadikan pendeteksi kualitas suatu perairan, yang dikenal dengan nama Bioindikator atau *biological indicator*. Organisme yang dijadikan sebagai indikator biologis harus memiliki sifat sebagai berikut:¹³

1. Mudah dikenal oleh peneliti yang bukan spesialis;
2. Mempunyai sebaran yang cukup luas didalam lingkungan perairan;
3. Memperlihatkan daya toleransi yang hampir sama pada lingkungan perairan yang sama;
4. Jangka waktu hidupnya relatif lama;
5. Tidak cepat berpindah tempat bila lingkungannya dimasuki bahan pencemar.

Penggunaan organisme indikator dalam penentuan kualitas air sangat

¹²Revis Asra, *Op. Cit.* h. 24 - 25

¹³ Sapto Purnomo Putro, *Metode Sampling Penelitian Makrobentos dan Aplikasinya* (Yogyakarta: Graha Ilmu, 2014), h. 2.

bermanfaat karena organisme tersebut akan memberikan reaksi terhadap keadaan kualitas perairan, dengan demikian taksa indikator dapat melengkapi atau memperkuat penilaian kualitas perairan berdasarkan parameter fisika dan kimia¹⁴

Makrobentos sering digunakan sebagai indikator kualitas suatu perairan. Suatu perairan yang sehat atau belum tercemar akan menunjukkan jumlah individu yang seimbang dari hampir semua spesies yang ada, begitu pun sebaliknya. Suatu perairan tercemar, penyebaran jumlah individu tidak merata dan cenderung ada spesies yang mendominasi. Perairan yang tercemar akan mempengaruhi kelangsungan hidup organisme makrobentos, hal ini dikarena makrobentos merupakan biota air yang mudah terpengaruh oleh adanya bahan pencemar, baik bahan pencemar fisik maupun kimia.¹⁵

Toleransi makrobentos terhadap pencemaran bahan organik dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu: ¹⁶

1. Jenis *intoleran*, jenis ini memiliki kisaran toleransi yang sempit terhadap pencemaran dan tidak tahan terhadap tekanan lingkungan sehingga hanya hidup dan berkembang di perairan yang belum atau sedikit tercemar.
2. Jenis *toleran*, jenis ini memiliki daya toleran yang lebar, sehingga dapat berkembang mencapai kepadatan yang tinggi dalam perairan yang tercemar berat.
3. Jenis *fakultatif*, jenis ini dapat bertahan hidup kisaran lingkungan yang agak lebar, antara perairan yang belum tercemar sampai dengan tercemar sedang dan masih dapat hidup pada perairan yang tercemar berat.

¹⁴ *Ibid*, h. 3.

¹⁵ Odum, *Dasar-dasar Ekologi. Terjemahan Tjahjono Samingan. Edisi Ketiga*, (Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. 1993), h. 196.

¹⁶ Melati Fernita Fachrul, *Metode Sampling Bioekologi* (Jakarta: Bumi Aksara, 2007), h. 102.

C. Makrobentos

Organisme yang hidup di dasar perairan, baik berupa tumbuhan maupun hewan disebut dengan bentos. Berdasarkan sifat hidupnya, bentos digolongkan menjadi dua yakni fitobentos dan zoobentos. Fitobentos merupakan organisme bentos yang mempunyai sifat seperti tumbuhan. Zoobentos merupakan organisme bentos yang mempunyai sifat seperti hewan.¹⁷

Bentos memiliki sifat kepekaan terhadap beberapa bahan pencemar, mobilitas yang rendah, mudah ditangkap dan memiliki kelangsungan hidup yang panjang. Berdasarkan sifat-sifat yang dimiliki bentos, maka bentos memiliki peran dalam keseimbangan suatu ekosistem perairan dapat menjadi indikator kondisi ekologi terkini pada kawasan tertentu. Suartina menyatakan bahwa, bentos mempunyai peran penting dalam siklus unsur hara di dasar perairan. Kelompok fauna ini berperan sebagai salah satu mata rantai penghubung dalam aliran energi dan siklus dari alga planktonik sampai konsumen tingkat tinggi.¹⁸

Semula hewan bentos hanya digolongkan sebagai fitobentos dan zoobentos, tetapi Hutchinson menggolongkan bentos berdasarkan ukurannya, yaitu bentos berukuran mikrokopis atau yang dikenal dengan mikrobentos dan bentos berukuran makrokopis atau yang dikenal dengan makrobentos. Selanjutnya Lind mendefinisikan bentos sebagai organisme yang hidup pada lumpur, pasir, batu, kerikil, maupun

¹⁷ Barus, *Faktor-Faktor Lingkungan Abiotik Dan Keanekaragaman Plankton Sebagai Indikator Kualitas Perairan Danau Toba* (Jurnal Mahasiswa Dan Lingkungan XI, 2004), h. 62

¹⁸ Purwanto, *Studi Kualitas Perairan Danau Sentani Menggunakan Bioindikator Makrobentos* (Jayapura: Universitas Cendrawasih, 2013), h. 1.

sampah organik baik di dasar perairan laut, danau, kolam, ataupun sungai. Bentos merupakan hewan melata, menetap, menempel, memendam, dan meliang didasar perairan.¹⁹

Venberg menyatakan bahwa berdasarkan ukurannya bentos dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu makrobentos, mesobentos atau meiobentos, dan mikrobentos. Makrobentos adalah organisme yang hidup didasar perairan dan tersaring oleh saringan yang berukuran mata saring 1,0 x 1,0 milimeter yang pada pertumbuhan dewasanya berukuran 3-5 milimeter. Mesobentos merupakan organisme yang mempunyai ukuran antara 0,1-1,0 milimeter, misalnya golongan Protozoa yang berukuran besar, cacing berukuran kecil, Crustacea berukuran yang sangat kecil, misalnya Ostracoda. Mikrobentos adalah organisme yang mempunyai ukuran kurang dari 0,1 milimeter, misalnya Protozoa. Berdasarkan letaknya, hewan ini dibedakan menjadi dua macam yaitu makrobentik infauna dan epifauna. Makrobentik infauna adalah kelompok makrobentos yang hidup dengan membenamkan diri di wilayah lumpur atau sedimen, membuat lubang, atau membuat tabung, sedangkan epifauna adalah kelompok makrobentos yang hidup dipermukaan substrat, baik sebagai pemakan deposit maupun sebagai pemakan materi organik terlarut.²⁰

Hewan makrobentos mempunyai peranan penting dalam pembentukan habitat sedimen atau dasar perairan. Distribusi secara vertikal dari proses-proses yang dilakukan mikroba dalam sedimen dipengaruhi oleh hewan infauna ini melalui

¹⁹ Sapto Purnomo Putro, *Op. Cit.* h. 1.

²⁰ *Ibid.* h. 2.

aktifitas-aktifitasnya antara lain makan, menggali lubang, dan pembentukan rumah tabung. Analisis hewan makrobentos telah diterapkan sebagai salah satu kriteria utama dalam menentukan kualitas lingkungan untuk manajemen akuakultur di berbagai negara. Banyak spesies makrobentos memiliki hubungan yang kompleks dengan lingkungan sedimen. Kompleksitas ini disebabkan interaksi antara beberapa komponen abiotik (ukuran partikel, kandungan organik, hidrodinamik dan kondisi kimia) dan komponen biotik (predasi, persingan dan interaksi biologi lainnya) mempengaruhi terjadinya suatu spesies di habitat mereka. Meskipun spesies makrobentos relatif kurang selektif dalam kebutuhan pangan mereka dan bergantung pada kondisi spasial habitatnya, hewan ini dapat dikelompokkan berdasarkan kebiasaan makan mereka. Hal ini dipengaruhi oleh pola makan dan ketersediaan pangan. Berdasarkan pola atau tipe makan makrobentos dibedakan menjadi 8, yaitu:²¹

1. *Suspension feeders*

Suspension feeders adalah salah satu tipe atau pola makan yang dilakukan oleh hewan makrobentos atau organisme air dengan cara menyaring partikel organik terlarut dalam air, contohnya *polychaeta*, *crustacea*, dan *bivalvia*.

2. *Deposit feeders*

Deposit feeders adalah salah satu tipe atau pola makan yang dilakukan oleh hewan makrobentos atau organisme air dengan cara mengambil partikel organik yang terdekomposisi di bawah permukaan dasar sedimen, contohnya *gastropoda* dan *crustacea*.

²¹ *Ibid.* h. 25-26

3. *Surface deposit feeders*

Surface deposit feeders adalah salah satu tipe atau pola makan yang dilakukan oleh hewan makrobentos atau organisme air dengan cara mengambil partikel organik yang berada di luar atau di atas sedimen dalam bentuk detritus, contohnya *crustacea*.

4. *Sub-surface deposit feeders*

Sub-surface deposit feeders adalah salah satu tipe atau pola makan yang dilakukan oleh hewan makrobentos atau organisme air dengan cara mengambil partikel organik yang berada di dalam sedimen dalam bentuk detritus, contohnya *oligochaeta*.

5. *Filter feeders*

Filter feeders adalah salah satu tipe atau pola makan yang dilakukan oleh hewan makrobentos atau organisme air dengan cara menyaring partikel organik terlarut dalam badan air, contohnya *bivalvia* dan cacing kipas.

6. *Herbivores*

Herbivores adalah salah satu tipe atau pola makan yang dilakukan oleh hewan makrobentos atau organisme air dengan cara mengkonsumsi bagian hidup atau mati dari tumbuhan, contohnya *gastropoda*.

7. *Carnivores*

Carnivores adalah salah satu tipe atau pola makan yang dilakukan oleh hewan makrobentos atau organisme air dengan cara mengkonsumsi bagian hidup atau mati dari hewan, contohnya *crustacea* dan *polychaeta*.

8. *Omnivores*

Omnivores adalah salah satu tipe atau pola makan yang dilakukan oleh hewan makrobentos atau organisme air dengan cara mengkonsumsi bagian hidup atau mati dari tumbuhan maupun hewan, contohnya *polychaeta*.

Fauchald dan Jumars telah mengkategorikan kelompok polychaeta menjadi beberapa kelompok berdasarkan pola makan utamanya. Berdasarkan pola makan utama, Polychaeta dikelompokkan menjadi *filter feeders* (8 famili), *surface deposit feeders* (19 famili), *sub-surface deposit feeders* (13 famili), *herbivores* (10 famili), *carnivores* (19 famili), dan beberapa famili lainnya yang cenderung bervariasi sebagai *omnivores*.

Deposit feeders menyukai habitat dalam sedimen berlumpur lembut yang didominasi oleh tanah liat halus, lumpur dan pasir dan memperoleh nutrisi mereka dari bagian organik sedimen sebagai partikel makanan, seperti butiran mineral, detritus, diatom, protozoa, dan metazoan. *Deposit feeders* memilih partikel berukuran halus yang kemungkinan besar memiliki kandungan organik yang tinggi. Tergantung pada ukuran partikel sebagai sumber makanan bisa. Deposit feeders berperan utama dalam penyerapan detritus dan dalam transfer energi dan nutrisi ke tingkat tertinggi dari jaring-jaring makanan atau *food web* di ekosistem laut. Studi konsumsi terhadap *deposit feeders* di zona *aphotic* atau wilayah sungai yang memperoleh penetrasi cahaya matahari sangat sedikit menyimpulkan bahwa mereka memanfaatkan sebagian kecil dari bahan organik mati. Diatom planktonik hidup tidak mungkin

sebagai sumber makanan mereka, tetapi dapat memainkan peran yang cukup penting sebagai sumber makanan bagi makrobentos.

Sub-surface deposit feeders umumnya dominan di habitat di dasar sedimen yang mengakumulasi bahan organik tertinggi. Keberhasilan menggali lubang atau burrowing dipengaruhi oleh sifat dari sedimen dan kepadatan *burrowers* lainnya. Brenchley mengamati bahwa meskipun beberapa struktur seperti setae yang digunakan selama gerakan mereka, kelompok *polychaeta* dan *holothuria* yang membuat lubang sedimen menggunakan tekanan hidrostatik atau pergerakan dengan memanfaatkan tekanan dalam cairan tubuhnya, sementara kelompok pembuat lubang seperti *Crustacea* dengan cara menggali ke dalam substrat. Tekanan hidrostatik digunakan oleh *bivalvia* untuk menggali, saat air keluar dari rongga mantel mereka untuk melepaskan substrat. Butiran sedimen yang diangkut secara individual oleh *Echinoids* digunakan untuk menggali sedimen di bawah tubuh mereka. Struktur biogenik, seperti akar rumput laut dan tabung invertebrata dapat mengurangi mobilitas berbagai spesies penggali lubang.²²

Substrat perairan dan kedalaman mempengaruhi pola penyebaran dan morfologi fungsional serta tingkah laku makrobentos, yang berkaitan dengan karakteristik dan jenis makanannya. Makrobentos terdiri dari *Crustacea*, *Isopoda*, *Decapoda*, *Oligochaeta*, *Mollusca*, *Nematoda* dan *Annelida*.²³ Melati Ferianita, dalam bukunya menyatakan bahwa komunitas fauna benthik yang hidup didasar

²² *Ibid* 26-27

²³ Dina Muthmainnah, *Keragaman Makrobenthos Di Rawa Lebak Pampangan Kabupaten Ogan Komering Ilir Provinsi Sumatera Selatan* (Palembang: Universitas PGRI, 2013), h. 2.

perairan terdiri atas lima kelompok, yaitu *Mollusca*, *Polychaeta*, *Crustacea*, *Echinodermata*, dan kelompok lainnya yang terdiri atas beberapa takson kecil seperti *Sipunculidae*, *Pogonophora*, dan lainnya.²⁴

Keberadaan makrobentos tergantung pada ketersediaan unsur hara yang merupakan materi terpenting dalam fungsi biologi, dimana dapat membatasi produktivitas dalam suatu ekosistem, seperti pertumbuhan makrobentos dibatasi oleh ketersediaan bahan organik. Peningkatan ketersediaan nutrisi terkadang dapat menurunkan stabilitas rantai makanan. Ketidakstabilan ekologi mungkin disebabkan oleh keterbatasan bahan organik sebagai sumber energi bagi makrobentos pada ekosistem perairan.²⁵

Boyd menyatakan bahwa, ekosistem dengan tingkat keragaman jenis yang tinggi akan lebih stabil dan kurang terpengaruh oleh tekanan dari luar dibandingkan dengan ekosistem dengan keragaman yang rendah. Keragaman jenis merupakan parameter yang sering digunakan untuk mengetahui tingkat kestabilan yang mencirikan kekayaan jenis dan keseimbangan suatu komunitas. Faktor utama yang mempengaruhi jumlah makrobentos, keragaman jenis, dan dominasi, antara lain adanya kerusakan habitat alami, pencemaran kimiawi, dan perubahan iklim.²⁶

D. Parameter Kualitas Air

Kehidupan biota, penyebaran jenis dan populasi komunitas bentos ditentukan

²⁴ Melati fernita, *Op. Cit*, h. 101.

²⁵ Dina Muthmainnah, *Op. Cit*. h. 3.

²⁶ Purwanto, Suriani Br. Surbakti, *Studi Kualitas Perairan Danau Sentani Menggunakan Bioindikator Makrobentos* (Jayapura: Universitas Cendrawasih, 2013), h. 54.

oleh sifat fisik, kimia dan biologi perairan. Sifat fisik perairan seperti kedalaman, kecepatan arus, kekeruhan atau kecerahan, substrat dasar dan suhu air. Sifat kimia antara lain kandungan oksigen dan karbondioksida terlarut, pH, bahan organik, dan kandungan hara berpengaruh terhadap hewan bentos. Sifat-sifat fisika-kimia air berpengaruh langsung maupun tidak langsung bagi kehidupan bentos. Perubahan kondisi fisika-kimia suatu perairan dapat menimbulkan akibat yang merugikan terhadap populasi bentos yang hidup di ekosistem perairan.²⁷

Parameter kualitas air dapat berupa pH, suhu, daya hantar listrik, kekeruhan, BOD, DO, nitrogen, fosfor, logam berat, sulfat, dan radioaktif. Secara umum parameter kualitas air dapat dibagi dalam tiga bagian yaitu parameter fisik, kimia, dan biologi.

1. Parameter Fisik

a. Warna

Air murni tidak memiliki warna. Tergantung dari sifat-sifat penyebabnya, warna dibagi menjadi dua jenis yaitu warna sejati dan warna semu. Warna sejati ditimbulkan oleh koloid-koloid organik atau zat-zat terlarut, sedangkan warna semu ditimbulkan oleh suspensi partikel-partikel penyebab kekeruhan.²⁸

²⁷ Setyobudiandi, *Makrozoobentos* (Bogor: Institut Pertanian Bogor, 1997) h. 75, dikutip oleh YuyunDharojah. "Skripsi: Keanekaragaman Jenis Makrozoobentos Di Ekosistem Perairan Rawapening Kabupaten Semarang" (Semarang: Universitas Negeri Semarang, 2015), h. 2015

²⁸ Masbah R.T. Siregar, *Road To Map Teknologi* (Jakarta: LIPI Press, 2004), h. 59.

b. Suhu

Suhu atau temperatur di suatu sungai akan berfluktuasi mengikuti aliran air mulai dari hulu menuju hilir atau muara. Daerah hulu (*rhithal*) mempunyai fluktuasi tahunan yang paling kecil, sepanjang aliran sungai fluktuasi tahunan akan semakin besar dan mencapai maksimum di daerah hilir (*potamal*). Suhu perairan mengalami fluktuasi setiap hari, terutama mengikuti pola suhu udara lingkungan, intensitas cahaya matahari, letak geografis, pencahayaan, dan kondisi internal perairan seperti kekeruhan, kedalaman, kecepatan arus, dan timbunan bahan organik di dasar perairan. Meningkatnya suhu sebesar 10°C akan meningkatkan laju metabolisme sebesar 2-3 kali lipat. Naiknya suhu menyebabkan kelarutan oksigen dalam air menurun, sehingga organisme air sulit untuk respirasi.²⁹

c. Konduktivitas

Konduktivitas air adalah kemampuan untuk menghantarkan arus listrik, dan secara tidak langsung untuk mengukur konsentrasi ion. Semakin banyak ion-ion yang terdapat di dalam air maka semakin banyak juga arus listrik yang dapat dihantarkan oleh air itu. Besar konduktivitas fluida dinyatakan dalam *microsiemens* per centimeter pada 25°C. Besarnya konduktivitas suatu cairan dipengaruhi oleh tinggi rendahnya suhu fluida tersebut.

d. Kecerahan Air

Kecerahan air memberikan petunjuk tentang daya tembus atau penetrasi

²⁹ Masdiana Sinambela, *Makrozoobentos Dengan Parameter Fisika dan Kimia di Perairan Sungai Babura Kabupaten Deli Serdang* (Medan: Universitas Medan, 2015), h. 2.

cahaya kedalam air laut atau sungai. Tingkat kecerahan perairan dapat menunjukkan sampai sejauhmana penetrasi cahaya matahari dapat menembus kolom perairan. Tingkat kecerahan sangat dipengaruhi oleh tingkat kekeruhan perairan. Semakin tinggi kekeruhan perairan maka akan semakin rendah penetrasi cahaya yang masuk menembus kolom air, sehingga tingkat kecerahan semakin rendah.

2. Parameter Kimia

a. pH

Parameter pH adalah suatu ukuran konsentrasi ion Hidrogen di dalam air. Pengukuran ini menandai besarnya kadar alkali atau kadar keasaman air. Besarnya pH dinyatakan dalam skala 0 sampai dengan 14, pembacaan pada skala 7 dianggap sebagai pH netral. Pembacaan dibawah 7 menandai (adanya) kondisi-kondisi asam (*acidic*), sedangkan pembacaan diatas 7 menandai air tersebut adalah bersifat alkali atau basa. Pada umumnya air bersih mempunyai pH antara skala 6 sampai dengan 9. pH air merupakan parameter yang vital sebab mempengaruhi ketersediaan dan daya larut (*solubility*) dan bagaimana mereka dapat digunakan oleh organisme yang hidup di air.³⁰

³⁰ Masbah R.T. Siregar, *Op. Cit.* h. 61

Tabel 2.1
Pengaruh pH Terhadap Komunitas Biologi Perairan³¹

Nilai pH	Pengaruh Umum
6,0-6,5 dan 7,5-8,0	<ul style="list-style-type: none"> • Keanekaragaman plankton dan bentos sedikit menurun. • Kelimpahan total, biomassa, dan produktivitas tidak mengalami perubahan.
5,5-6,0 dan 8,0-8,5	<ul style="list-style-type: none"> • Penurunan nilai keanekaragaman plankton dan bentos semakin tampak Kelimpahan total, biomassa, dan produktivitas masih belum mengalami perubahan yang berarti. • Algae hijau berfilamen mulai tampak pada zona litoral.
5,0-5,5 dan 8,5-9,0	<ul style="list-style-type: none"> • Penurunan keanekaragaman dan komposisi jenis plankton, perifilton dan bentos semakin besar. • Terjadi penurunan kelimpahan total dan biomassa zooplankton dan bentos. • Algae hijau berfilamen semakin banyak. • Proses nitrifikasi terhambat
<5,0 dan 9,0<	<ul style="list-style-type: none"> • Penurunan keanekaragaman dan komposisi jenis plankton, perifilton dan bentos semakin besar. • Penurunan kelimpahan total dan biomassa zooplankton dan bentos. • Algae hijau berfilamen semakin banyak. • Proses nitrifikasi terhambat

b. Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen yang terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO) adalah jumlah oksigen terlarut di dalam air yang diukur dalam satuan milligram per liter (mg/l). Situmorang menyatakan bahwa, DO di dalam air merupakan indikator kualitas air karena kadar

³¹ Modifikasi Baker et al., 1990 dalam Effendi, H. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengolahan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. (Yogyakarta: Penerbit Kanisius, 2003)

oksigen yang terdapat di dalam air sangat dibutuhkan oleh organisme air dalam kelangsungan hidupnya. Kelarutan O_2 di dalam air terutama sangat dipengaruhi oleh suhu dan mineral terlarut dalam air. Kelarutan maksimum oksigen dalam air terdapat pada suhu $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, yaitu sebesar 14,16 mg/l. Konsentrasi ini akan menurun seiring peningkatan ataupun penurunan suhu. Sumber utama DO dalam perairan adalah dari proses fotosintesis tumbuhan dan penyerapan atau pengikatan secara langsung oksigen dari udara bebas melalui kontak antara permukaan air dengan udara.

Pengaruh DO terhadap biota perairan hanya sebatas pada kebutuhan untuk respirasi. Beberapa organisme perairan bahkan memiliki mekanisme yang memungkinkan dapat hidup pada kondisi oksigen terlarut yang sangat rendah. Beberapa contoh spesies yang memiliki kemampuan ini adalah larva dari *Diptera* dan *Coleoptera* serta larva dan pupa dari *Culex sp.* Organisme ini mempunyai sistem trachea terbuka seperti yang dimiliki oleh insekta terrestrial. Organisme ini apabila dalam perairan oksigen terlarut sangat rendah maka akan menurunkan konsumsi oksigen untuk respirasi, selanjutnya kekurangan oksigen tersebut akan dikompensasi pada proses respirasi selanjutnya dengan meningkatkan konsumsi oksigen.

c. *Biochemical Oxygen Demand (BOD)*

Situmorang menyatakan bahwa, BOD didefinisikan sebagai pengukuran pengurangan kadar oksigen di dalam air yang dikonsumsi oleh makhluk hidup di dalam air selama periode 5 hari pada keadaan gelap atau tidak terjadi fotosintesis. Secara spesifik jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme aerob untuk

mendegradasi senyawa organik dalam perairan. Pengukuran BOD dilakukan selama 5 hari pada suhu 20°C, dimana dalam waktu lima hari aktifitas mikroorganisme aerob hampir tidak mengalami perubahan, oleh karena itu dikenal dengan BOD₅. Nilai BOD menunjukkan kandungan bahan organik dalam perairan, semakin tinggi nilai BOD maka mengindikasikan bahwa perairan tersebut banyak mengandung bahan organik di dalamnya, begitu pun sebaliknya. Apabila nilai BOD rendah maka mengindikasikan bahwa perairan tersebut miskin bahan organik yang harus didegradasi mikroorganisme aerob, BOD dinyatakan atau satuannya dalam mg/l.

d. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Apha pada tahun 1989 menyatakan bahwa, COD merupakan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik yang terdapat di perairan menjadi CO₂ dan H₂O dengan menggunakan oksidator kuat. Nilai COD ini akan meningkat sejalan dengan meningkatnya bahan organik di perairan. COD merupakan ukuran jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik secara kimia. Secara umum nilai COD dalam air limbah lebih besar daripada nilai BOD karena lebih banyak materi yang dapat dioksidasi secara kimia daripada secara biologis.

e. Fosfat

Kandungan fosfat pada air akan mempengaruhi eutrofikasi sehingga dapat menyebabkan blooming alga. Warna perairan menjadi kehijauan, berbau tidak sedap, dan airnya keruh.³²

f. Sulfat

Sulfat dalam air bersih umumnya berasal dari buangan industri. Ion-ion sulfat dalam air dapat bersenyawa dengan kalsium membentuk kerak kalsium sulfat. Sulfat bersenyawa dengan magnesium membentuk senyawa magnesium sulfat yang mempunyai efek *laxative* (mencret).³³

3. Parameter Biologis

Pengukuran parameter fisika dan kimia hanya dapat menggambarkan kualitas lingkungan pada waktu tertentu. Indikator biologi dapat memantau secara kontinyu dan merupakan petunjuk yang mudah untuk memantau terjadinya pencemaran. Keberadaan organisme perairan dapat digunakan sebagai indikator terhadap pencemaran air selain indikator kimia dan fisika. Organisme perairan dapat digunakan sebagai indikator pencemaran karena habitat, mobilitas dan umurnya yang relatif lama mendiami suatu wilayah perairan. Saprobitas perairan digunakan untuk mengukur kualitas air yang mendapat penambahan bahan organik dalam yang indikatornya adalah jumlah dan susunan spesies dari organisme di dalam perairan.³⁴

³² Masdiana Sinambela, *Op. Cit.* h. 3.

³³ Masbah R.T. Siregar, *Op. Cit.* h. 64

³⁴ Yogo Utomo, *Saprobitas Perairan Sungai Juwana Berdasarkan Bioindikator Plankton* (Semarang: Universitas Negeri Semarang, 2013), h. 2.

Berikut adalah baku mutu air berdasarkan kandungannya, menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 51 tahun 2004 adalah sebagai berikut³⁵ :

Tabel 2.2
Peraturan Menteri Lingkungan Hidup
Republik Indonesia Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air³⁶

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu
FISIKA			
1.	Warna	Pt. Co	30
2.	Bau		Tidak berbau
3.	Kecerahan ^a	m	>6
4.	Kekeruhan ^a	ntu	5
5.	Padatan tersuspensi total ^b	mg/l	20
6.	Suhu ^c	°C	alami ^{3(c)}
7.	Sampah	-	nihil ¹⁽⁴⁾
8.	Lapisan minyak ⁵	-	nihil ¹⁽⁵⁾
KIMIA			
1.	pH ^d	-	7 - 8,5 ^{1(d)}
2.	Salinitas ^e	‰	alami ^{3(e)}
3.	Oksigen Terlarut (DO)	mg/l	>5
4.	BOD5	mg/l	10
5.	Amoniak bebas (NH ₃ -N)	mg/l	nihil ¹
6.	Fosfat (PO ₄ -P)	mg/l	0,015
7.	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/l	0,008
8.	Sulfida (H ₂ S)	mg/l	nihil ¹
9.	Senyawa Fenol	mg/l	nihil ¹
10.	PAH (Poliaromatik hidrokarbon)	mg/l	0,003
11.	PCB (poliklor bifenil)	µg/l	nihil ¹

Keterangan

mg : milligram

L : Liter

³⁵ Peraturan Pemerintah Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air (On-line), tersedia di: <http://peraturan.go.id/permen/kemenlh-nomor-51-tahun-2014.html> (6 Febuari 2017).

E. Komposisi Makrobentos

Makrobentos ini pada umumnya terdiri dari larva *Insecta*, *Crustacea*, *Mollusca*, dan *Oligochaeta*. Pada klasifikasinya sesuai dengan fungsi masing-masing makrobentos maka dibagi menjadi tiga kelompok yaitu Intoleran, Fakultatif, dan Toleran. Feminella dan Flynn mengelompokkan organisme utama pada kelompok makrobentos menjadi indeks EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Tricoptera). Nama indeks EPT diambil dari nama 3 ordo yang mewakili kelompok makrobentos intoleran. Anggota hewan makrobentos yang terdapat didalam indeks EPT dapat dilihat pada table berikut.³⁷

Tabel 2.3
Tiga kelompok hewan makrobentos sesuai Indeks EPT

Intoleran	Fakultatif	Toleran
1. Ordo Ephemeroptera	1. Ordo Coleoptera	1. Famili Simuliidae
2. Ordo Plecoptera	2. Ordo Odonata	2. Famili Chironomidae
3. Ordo Tricoptera	3. Ordo Amphipoda	3. Famili Tanyponidae
	4. Famili Tipulidae	4. Kelas Hirudinae
	5. Famili Rhagionidae	5. Kelas Gastropoda
	6. Kelas Pelecypoda	6. Kelas Oligochaeta
		7. Kelas Turbellaria

1. *Filum Arthropoda*

Arthropoda merupakan filum yang besar, dengan anggota meliputi 4/5 dari jumlah hewan yang ada. Kemampuan penakat (survival/bertahan hidup) *Arthropoda* sangat tinggi, distribusinya sangat luas hingga dapat dijumpai pada ketinggian 6.500

³⁷ Feminella dan Flynn, *The Alabama Watershed Demonstration Project: Biotic Indicators of Water Quality* (Alabama:Auburn Universities,1999), h. 5

meter di atas permukaan laut sampai dengan 10.000 meter di bawah permukaan air laut, dapat hidup di darat, dan air.³⁸

a. *Insecta*

Kelas *Insecta* merupakan kelas yang jumlah jenisnya sangat besar dan anggotanya hidup dan tersebar sangat luas. *Insecta* merupakan satu-satunya kelompok hewan avertebrata yang dapat terbang. Tubuhnya dapat dibedakan menjadi tiga bagian, yaitu kepala (*cephalus*), dada (*thorax*), dan perut (*abdomen*). Selain terdapat mata majemuk, pada kepala juga dijumpai sepasang antena dan mulut. Kaki yang dimilikinya berjumlah tiga pasang, yang berada di tiga segmen dada. Di bagian yang sama juga dijumpai adanya 1-2 pasang sayap. Pada jenis-jenis tertentu, sepasang sayap mengalami reduksi, bahkan ada jenis-jenis yang telah kehilangan sayapnya sama sekali. Organ kelaminnya berumah dua, alat kelamin terletak pada segmen terakhir perutnya, dan fertilisasi pada hewan kelas ini terjadi secara internal. Pada daur hidup *Insecta* mengalami metamorfosa. *Insecta* bernafas dengan trakea dan mempunyai sistem peredaran darah terbuka. Banyak jenis *insecta* yang bermanfaat bagi manusia, walaupun juga banyak yang merugikan.³⁹

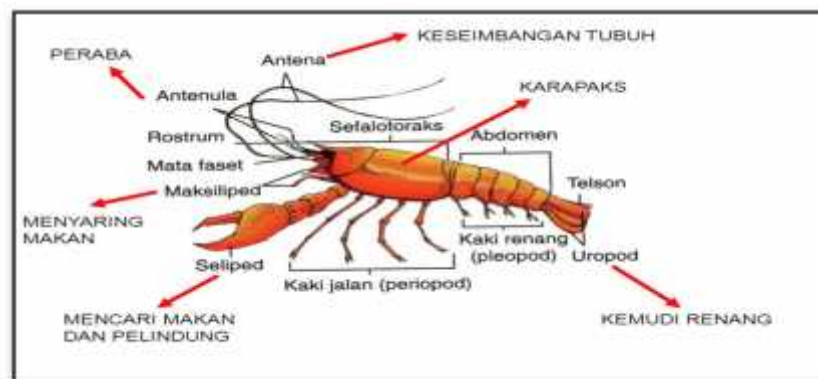
b. *Crustacea*

Anggota hewan *Crustacea* ini mempunyai 44.300 jenis pada umumnya merupakan hewan akuatik. Pembagian tubuhnya terdiri dari bagian kepala, dada,

³⁸ Boen s. Oemarjati, *Taksonomi Avertebrata Pengantar Praktikum Laboratorium* (Jakarta: Universitas Indonesia, 1990), h. 111.

³⁹ *Ibid*, h. 112.

dan perut. Bagian dada dan perut *Crustacea* menyatu yang disebut *cephalothorax*. Bagian kepala *Crustacea* merupakan penyatuan dari 5 segmen. Dibagian kepala tersebut dijumpai sepasang antenula, sepasang antena, sepasang mandibula, dan dua pasang maksila. Pada bagian dada *Crustacea* terdiri atas delapan segmen, terdapat tiga pasang maksiliped, sepasang cheliped, dan sepasang perlopod. Pada abdomen *Crustacea* dijumpai adanya lima pasang pleopod dan sepasang uropod. Pada *Crustacea* jantan, pasangan pleopod 1 dan 2 bersatu yang disebut gonopod, yang berfungsi untuk menyalurkan spermatozoa. Pada *Crustacea* betina, pada segmen ke-11 terdapat penebalan lubang kelamin yang disebut telycum. *Crustacea* dapat hidup dalam berbagai habitat di air tawar, air asin, dan daratan. Jenis-jenis yang hidup di darat umumnya membuat lubang. Kehidupan yang dijalannya juga amat beragam sebagai plankton, bentos, simbion, epizon, dan parasit.⁴⁰ Morfologi tubuh *Crustacea* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.1
Morfologi Tubuh Crustacea⁴¹

⁴⁰ *Ibid*, h. 123.

⁴¹ "Morfologi Tubuh Crustacea" (On-line), tersedia di: <http://mybyologi.com> (15 Maret 2017)

2. *Mollusca*

Ciri khas struktur tubuh *Mollusca* adalah adanya mantel. Mantel pada *Mollusca* merupakan sarung pembungkus bagian-bagian yang lunak dan melapisi rongga mantel. Bagian mantel kelas *Gastropoda* dan *Scaphoda* digunakan untuk respirasi. Pada *Chephalopoda* otot-otot mantel digunakan untuk gerakan, mekanik, dan respirasi. Filum ini sudah ada sejak periode *Cambrian* dengan ditemukannya cangkang *Bivalvia* dan cangkang *Gastropoda*. *Trochopora* atau larva *Mollusca* laut membuktikan adanya hubungan dengan *Annelida*. Pada beberapa jenis *Mollusca* mempunyai sistem saraf yang sama dengan sistem saraf yang dimiliki *Planaria*.⁴² Jenis-jenis *Mollusca* yang hidup di darat, air tawar, dan air payau, baik dari kelas *Gastropoda* maupun *Pelecypoda* adalah sebagai berikut. *Bellamya*, *Pila*, *Brotia*, *Melanoides*, dan *Lymnaea* adalah marga-marga *Gastropoda* yang hidup di sungai, danau, ataupun rawa-rawa yang banyak di tumbuh tanaman air. Tergolong herbivor, memakan tumbuhan air atau alga. *Lymnaea* merugikan manusia, karena merupakan inang perantara bagi cacing *Fasciola hepatica* atau cacing hati.⁴³

a. *Gastropoda*

Gastropoda merupakan kelas *Mollusca* yang terbesar dan terkenal. Terdapat sekitar 50.000 spesies *Gastropoda* yang masih hidup dan 15.000 jenis yang sudah menjadi fosil, begitu banyaknya jenis *Gastropoda* maka hewan ini mudah ditemukan. Sebagian besar *Gastropoda* mempunyai cangkang (rumah) dan

⁴² Adun Rusnayan, *Zoologi Invertebrata* (Bandung: Alfabeta, 2011), h. 85.

⁴³ Boen s. Oemarjati, *Op. Cit.* h. 101.

berbentuk kerucut terpilin (spiral). Bentuk tubuh *Gastropoda* sesuai dengan bentuk cangkok. Padahal waktu larva, bentuk tubuhnya simetris bilateral, namun ada pula *Gastropoda* yang tidak memiliki cangkok, sehingga sering disebut siput telanjang (vaginula). Hewan ini terdapat di laut dan ada pula yang hidup di darat.⁴⁴

Hewan kelas *Gastropoda* berjalan dengan perutnya. Kepala *Gastropoda* jelas terlihat dan mempunyai satu sampai dua pasang tentakel. Sepasang diantaranya bersifat rekratil dan dilengkapi sebuah mata pada ujungnya. Organ internal *Gastropoda* biasanya bersifat simetris dan terletak di dalam cangkangnya. Arah putaran cangkang kebanyakan ke arah kanan (*dekstral*) dan umumnya mempunyai operculum (*operculum*). Tipe cangkang yang berputar ke arah kiri (*sinistral*) kebanyakan dijumpai pada jenis-jenis yang ada di darat.⁴⁵

Jenis-jenis *Gastropoda* yang hidup di air payau adalah *Cerithidea*, *Telescopium*, dan *Terebralia*. *Achatina* dan *Felicaulis* adalah dua marga *Gastropoda* yang hidup terrestrial. *Achatina* merupakan hama tanaman yang sangat rakus. Hewan ini berkembang pesat pada waktu musim hujan. *Felicaulis* banyak dijumpai pada sampah-sampah dan tergolong herbivora.⁴⁶ Jenis-jenis *Gartropoda* dapat dilihat pada gambar berikut.

⁴⁴ Adun Rusnayan, *Op. Cit.* h. 90

⁴⁵ Boen s. Oemarjati, *Op. Cit.* h. 62

⁴⁶ *Ibid.* h. 101.



Gambar 2.2
Jenis-Jenis Gastropoda⁴⁷

b. *Pelecypoda*

Hewan kelas *Pelecypoda* mempunyai 20.000 jenis, mempunyai dua buah cangkang yang setangkup yang disebut juga dengan Bivalvia. Cangkangnya mempunyai variasi bentuk maupun ukuran yang bermacam-macam. Hewan *Pelecypoda* tidak berkepala dan tidak bermulut, kakinya berbentuk seperti kapak. Insang *Pelecypoda* tipis dan berlapis-lapis yang terletak di antara mantel. Kedua cangkangnya dapat dibuka tutup dengan cara mengencangkan dan mengendurkan otot-otot aduktor dan reaktornya. Anggota kelas *Pelecypoda* mempunyai cara hidup yang beragam ada yang membenamkan diri, menempel pada substrat dengan perekat, bahkan ada yang berenang aktif. Habitatnya adalah perairan bahari, payau, danau, sungai, kolam, serta rawa. *Anodonta*, *Contrdens*, dan *Carbicula* adalah jenis-jenis *Pelecypoda* yang hidup di sungai atau kolam.

⁴⁷ Jenis-Jenis Gastropoda” (On-line), tersedia di: <http://mybyologi.blogspot.com> (15 Maret 2017)

Anodonta datang menyusup ke Indonesia dari Taiwan dengan perantara ikan *Tilapia nilotica*, karena larva hewan tersebut hidup sebagai parasite pada insangnya. *Anodonta Woodiana* dikenal sebagai nama umum “kijing Taiwan”.⁴⁸ Bentuk-bentuk cangkang *Pelecypoda* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.3
Bentuk-bentuk cangkang *Pelecypoda*⁴⁹

3. *Filum Annelida*

Hewan filum *Annelida* dikenal sebagai cacing gelang. Terdapat 9.000 jenis. Tubuh anggota filum ini bersegmen, dengan metamerisme sebagai ciri utamanya yaitu pembagian rongga tubuh, sistem persarafan, peredaran darah, dan sistem ekskresinya metamerik. Saluran pencernaan *Annelida* lengkap meliputi mulut-usus-anus, respirasi dengan epidermis ataupun insang yang terdapat pada cacing tabung atau pada jenis tertentu. Organ reproduksi hermafrodit yaitu dari kelas *Oligochaeta*,

⁴⁸ *Ibid.* h. 101.

⁴⁹ Bentuk-Bentuk Cangkang *Pelecypoda*” (On-line), tersedia di: Nurwahida76.wordpress.com (15 Maret 2017)

dengan hewan langsung dalam bentuk dewasa, berumah dua seperti dari kelas *Polychaeta*.



Gambar 2.4
Jenis-jenis *Annelida*⁵⁰

a. *Polychaeta*

Anggota kelas *Polychaeta* berjumlah 5.500 jenis. Cara hidupnya yang bersembunyi menyebabkan mereka luput dari pengamatan biasa. Panjang tubuh *Polychaeta* umumnya kurang dari 10 cm dengan garis tengah 2-10 mm. *Polychaeta* dibagi dalam dua kelompok, yaitu Errantia dan Sedentaria. Penggolongan itu didasarkan perkembangan anterior dan cara hidup hewan dari masing-masing kelompok. Pada umumnya bagian anterior termodifikasi menjadi lubang mulut yang dikelilingi insang, sedangkan bagian tengah membentuk bagian abdomen yang parapodia-nya pendek. Hai ini sesuai dengan cara hidupnya yang menggali ataupun membentuk tabung. Hewan kelompok ini tergolong

⁵⁰ Jenis-Jenis *Annelida*" (On-line), tersedia di: <http://sherryanaais.wordpress.com> (15 Maret 2017)

pemakan endapan (*Deposit feeders*) dan penyaring (*Filter feeders*).

b. *Oligochaeta*

Anggota kelas *Oligochaeta* terdiri dari 3.100 jenis, mencakup cacing tanah, jenis-jenis yang hidup di air tawar, dan air laut ada 200 jenis. Hewan jenis ini mempunyai jumlah segmen 2, 6, atau 7 segmen, tetapi ada juga yang mencapai 60 segment. Habitat *Oligochaeta* adalah perairan tawar ada juga yang hidup di lingkungan estuari.⁵¹

F. Profil Sungai Way Belau

Sungai Way Belau merupakan salah satu sungai yang berada di Indonesia yang masuk kedalam kawasan Hutan Lindung atau Konservasi. Terletak di Kecamatan Teluk Betung Utara, Kota Bandar Lampung. Kawasan ini merupakan kawasan wisata alam Batu Putu yang menyuguhkan sensasi kesejukan bermain air di air terjun. Masyarakat sering menyebut sungai Way Belau ini dengan sebutan Sungai Batu Putu, hal tersebut dikarenakan aliran sungai ini melintasi objek Wisata Air Terjun Batu Putu.⁵² Panjang Sungai Way Belau sekitar 100 kilometer, dengan luas badan sungainya bervariasi mulai dari 3 sampai 4 meter. Daerah hulu digunakan untuk penyedia air minum kemasan dan area wisata Air Terjun Batu Putu, aliran

⁵¹ *Ibid.* h. 51.

⁵² Profil Sungai Batu Putu”(On-Line), tersedia di: <http://www.Malahayati.ac.id.html> (21 Januari 2017, Pukul: 19:33 WIB)

sungainya mengalir diantara pemukiman penduduk, sementara daerah hilirnya bermuara di laut.⁵³ Lokasi Sungai Way Belau, dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.5

Aliran Sungai Way Belau dengan Perbesaran 10x Menggunakan Google Maps.

G. Analisis Materi Pembelajaran

Mata pelajaran Biologi adalah mata pelajaran yang mempelajari makhluk hidup dan hubungannya. Mata pelajaran Biologi merupakan salah satu mata pelajaran yang wajib pada tingkat pendidikan SMA. Tingkat pemahaman yang dimiliki pada setiap peserta didik umumnya tidaklah sama. Hal ini menjadi suatu tantangan bagi pendidik, bagaimana caranya untuk dapat menyampaikan suatu materi pelajaran dengan baik, sehingga tujuan dari pembelajaran tersebut tercapai dengan maksimal. Materi biologi yang dipelajari pada tingkat SMA kelas X semester genap salah satunya adalah materi Pencemaran Lingkungan. Berdasarkan hal tersebut, penelitian mengenai Pencemaran Lingkungan dapat digunakan sebagai sumber belajar pada

⁵³ Slamet Sanjaya, wawancara dengan masyarakat di sekitar sungai, Bandar Lampung, 20 Januari 2011.

konsep tersebut. Kompetensi dasar yang diharapkan dapat dikuasai oleh peserta didik adalah Menjelaskan keterkaitan antara kegiatan manusia dengan masalah kerusakan atau pencemaran lingkungan dan pelestarian lingkungan.

Penyampaian materi pelajaran dengan kompetensi dasar seperti di atas akan lebih maksimal jika didukung dengan media pembelajaran yang sesuai. Salah satu media yang dapat digunakan adalah media LKS (Lembar Kerja Siswa). LKS sebagai jenis media pembelajaran untuk membantu siswa belajar secara terarah. Melalui LKS siswa dapat melakukan aktivitas sekaligus memperoleh semacam ringkasan dari materi yang menjadi dasar aktivitas tersebut. Penelitian ini dapat dijadikan sumber belajar dalam bentuk Lembar Kerja Siswa (LKS) yang berkaitan dengan Pencemaran Lingkungan untuk kelas X (sepuluh) semester genap.

H. Kerangka Pemikiran

Tingginya tingkat pencemaran lingkungan di Indonesia, menunjukkan bahwa angka kesadaran masyarakat tentang pentingnya menjaga lingkungan masih rendah. Salah satu masalah lingkungan di negara kita adalah masih tingginya tingkat pencemaran yang terjadi pada sungai. Indonesia merupakan salah satu negara yang berkembang dengan kondisi iklim tropis, mempunyai daerah perairan tawar maupun asin yang luas, menempati peringkat empat penduduk terbanyak di dunia dengan jumlah penduduk 258 juta jiwa, setelah China, India, dan Amerika, serta penghasil limbah seperti, sampah rumah tangga, limbah industri terbanyak nomor dua di

dunia.⁵⁴ Kondisi seperti ini dapat menyebabkan terjadi pencemaran lingkungan terutama pada daerah perairan, seperti laut, sungai, waduk, dan lainnya.

Sungai di Indonesia sebagian besar sudah tercemar, salah satu contoh yang sangat terkenal adalah Sungai Ciliwung yang berada di jantung ibu kota yaitu Kota Jakarta. Saat ini tidak hanya di Jakarta saja yang terjadi pencemaran sungai, di Bandar Lampung sebenarnya sudah ada beberapa sungai yang mulai tercemar tetapi banyak masyarakat yang belum mengetahuinya. Sebenarnya ada beberapa cara untuk mengetahui tercemar atau tidaknya suatu sungai, untuk mengetahui melalui penelitian. Penelitian yang paling sering digunakan ialah dengan memanfaatkan faktor fisika, kimia, dan biologi yang terdapat pada aliran sungai. Faktor fisiknya dapat berupa warna, suhu, konduktivitas, bau, dan total solid. Untuk faktor kimianya dapat berupa pH, oksigen terlarut (DO), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), sulfat, dan fosfat. Faktor biologinya dapat menggunakan makhluk hidup berupa tumbuhan dan hewan. Penggunaan faktor fisika (fisis), kimia, dan biologi biasanya sering disebut dengan bioindikator.

Penggunaan hewan sebagai indikator biologi, sebenarnya sudah umum dikalangan peneliti. Hewan yang paling sering digunakan adalah plankton dan bentos. Bentos merupakan hewan dasar perairan (akuatik) yang dapat digunakan sebagai indikator biologi tingkat pencemaran sungai. Bentos memiliki beberapa keunggulan seperti, mudah dikenal oleh peneliti yang bukan spesialis, mempunyai sebaran yang cukup luas didalam lingkungan perairan, memperlihatkan daya

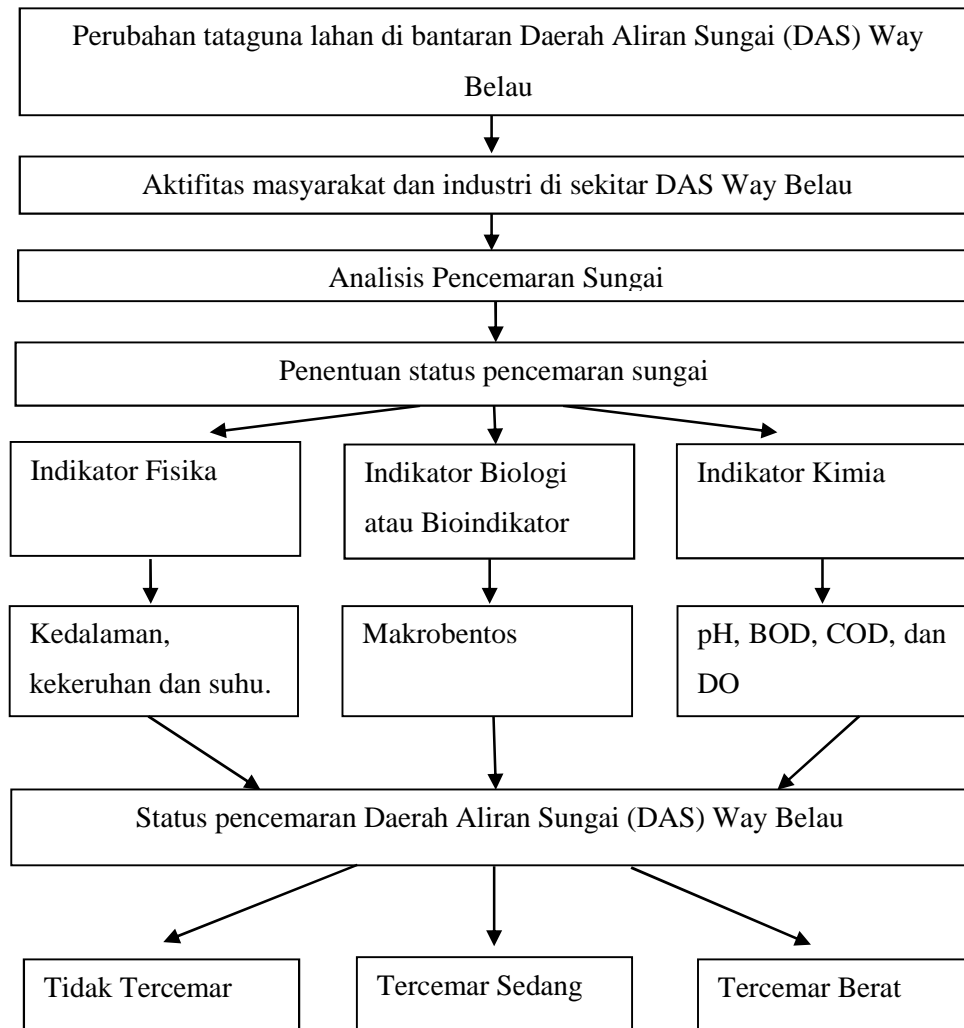
⁵⁴ CNN Indonesia Penyumbang sampah terbesar ke-dua didunia 20:40 23-02-2016

toleransi yang hampir sama pada lingkungan perairan yang sama, dan jangka waktu hidupnya relatif lama, serta tidak cepat berpindah tempat bila lingkungannya dimasuki bahan pencemar. Berdasarkan ukurannya bentos dapat dibedakan menjadi tiga yaitu makrobentos, mesobentos, dan mikrobentos. Makrobentos yang paling sering dijumpai pada sungai adalah dari *Filum Mollusca*, *Annelida* dan *Arthropoda*.

Berdasarkan uraian tersebut maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai keanekaragaman makrobentos sebagai indikator biologi kualitas air di Sungai Way Belau Bandar Lampung. Dengan variabel bebas dan variabel terikat yang dilambangkan dalam penelitian ini yaitu: variabel X adalah variabel bebas, yaitu keanekaragaman makrobentos, dan variabel Y adalah variabel terikat yang merupakan indikator biologi kualitas air di Sungai Way Belau Bandar Lampung.

I. Alur Pemikiran

Adapun alur pemikiran yang terdapat di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2.8
Skema Kerangka Pemikiran

J. Hipotesis

Berdasarkan uraian rumusan masalah di atas maka hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

H_0 = Tidak ada keanekaragaman makrobentos sebagai indikator biologi dan kualitas air di Sungai Way Belau Bandar Lampung sudah tercemar.

H_1 = Ada keanekaragaman makrobentos sebagai indikator biologi dan kualitas air di Sungai Way Belau Bandar Lampung belum tercemar.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian akan dilaksanakan pada bulan Juni sampai Agustus 2017. Lokasi penelitian adalah bagian tengah, Daerah Aliran Sungai Way Belau, Kecamatan Teluk Betung Utara, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung. Identifikasi makrobentos dilakukan di Laboratorium Zoologi Fakultas MIPA Universitas Lampung sedangkan penilaian kualitas air secara fisika dan kimia dilakukan di Laboratorium Budidaya Perikanan Politeknik Negeri Lampung.

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi, pH stick, DO meter, Termometer skala 0°C-100°C, mistar berskala 1 cm, skop, baki plastik, alat penyaring dengan lebar mata saring 1 mm, botol atau tabung kaca, incubator, labu takar, botol Winkler, alat pemanas, mikroskop, erlenmeyer dan lup, kotak styrofoam berukuran 20x20 cm, alat tulis dan kamera, serta kertas label, dan untuk bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah formalin 4%, ethanol 70%, MnSO_4 , NaOH , KI , H_2SO_4 , amilum, Hg_2SO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, Ag_2SO_4 , H_2SO_4 , indikator Ferroin dan akuades .

C. Metode Penelitian

Penentuan stasiun pengambilan sampling ini dilakukan dengan menggunakan metode *Line Transect* berdasarkan pada pertimbangan kondisi lingkungan dan fungsi guna lahan serta pemanfaatan sungai di sekitar badan utama Way Belau bagian pertengahan, serta untuk menentukan posisi lokasi sampling diukur dengan menggunakan GPS (*Global positioning system*). Pengambilan Sampel penelitian dilakukan dua kali pengulangan yaitu, pengambilan sampel pertama (SP), dan pengambilan sampel kedua (SK). Terdapat tiga stasiun pengambilan sampel pada aliran sungai yaitu, kawasan pemukiman (1), kawasan perladangan atau perkebunan (2), dan kawasan yang jauh dari pemukiman penduduk dan perladangan (3). Pengambilan sampel, dilakukan sebanyak tiga sampel untuk masing-masing dari indikator biologi (a), kimia (b), dan fisika (c). Berdasarkan stasiun dan indikator yang akan digunakan maka akan didapat hasil sampel sebagai berikut.


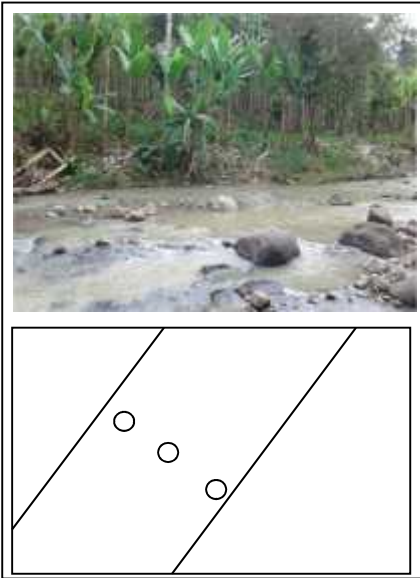
1. $SP1_{(a),(b),(c)}$: Pengambilan sampel pertama di lokasi sampel 1 dengan indikator biologi, kimia, dan fisika.
2. $SP2_{(a),(b),(c)}$: Pengambilan sampel pertama di lokasi sampel 2 dengan indikator biologi, kimia, dan fisika.
3. $SP3_{(a),(b),(c)}$: Pengambilan sampel pertama di lokasi sampel 3 dengan indikator biologi, kimia, dan fisika.
4. $SK1_{(a),(b),(c)}$: Pengambilan sampel kedua di lokasi sampel 1 dengan indikator biologi, kimia, dan fisika.

5. SK2_{(a),(b),(c)} : Pengambilan sampel kedua di lokasi sampel 2 dengan indikator biologi, kimia, dan fisika.
6. SK3_{(a),(b),(c)} : Pengambilan sampel kedua di lokasi sampel 3 dengan indikator biologi, kimia, dan fisika.

D. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan 3 stasiun pengambilan sampel dengan 2 kali pengulangan, disetiap stasiun dilakukan pengambilan sampel di 3 titik yang berbeda, sehingga jumlah keseluruhan sampel yang diteliti adalah 18 sampel. Sampel-sampel yang diambil akan diteliti menggunakan 3 indikator yaitu biologi, fisika, dan kimia. Indikator biologi atau bioindikator yang akan digunakan adalah makrobentos, Indikator fisika yang akan digunakan adalah suhu, kekeruhan dan kedalaman. Indikator kimianya adalah pH, DO dan BOD. Penelitian ini dilakukan di bagian tengah aliran Sungai Batu Putu. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik transek garis atau *Line Transect*, teknik ini termasuk pada jenis teknik *Transek Sampling*. Proses pengambilan sampel menggunakan teknik pengerukan dasar sungai serta menggunakan metode transek dikarenakan kondisi sungai yang dangkal. Lokasi pengambilan beserta deskripsi tempat pengambilan sampel dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1
Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi atau Posisi	Deskripsi Area	Gambar Area dan Penempatan Plot
<p>Stasiun 1</p> <p>Desa Way Tapus, Kec. Teluk Betung Utara, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung</p> <p>Posisi : 105013'50.9670" BT 5026'13.002" LS</p>	<p>Stasiun ini masih mempunyai banyak vegetasi hijau di bagian tepi kanan dan kiri yang masih cukup alami.</p>	 <p>Gambar 3.1 Stasiun 1 dan Letak Plot</p>
<p>Stasiun 2</p> <p>Desa Panengahan, Kec. Teluk Betung Utara, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung</p> <p>Posisi : 105013'50.9664" BT 5026'13.002" LS</p>	<p>Stasiun ini di bagian kanan dan kirinya sudah berbatasan langsung dengan kebun warga seperti kebun pisang dan jagung.</p>	 <p>Gambar 3.2 Stasiun 2 dan Letak Plot</p>

<p>Stasiun 3</p> <p>Desa Lubuk Upik, Kec. Teluk Betung Utara, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung</p> <p>Posisi : 105013'50.9672" BT 5026'13.002" LS</p>	<p>Stasiun ini di bagian bibir sungainya sudah di penuh banyak rumah warga, tempat untuk MCK dan tempat untuk membuang sampah.</p>	 <p>Gambar 3.3 Stasiun 3 dan Letak Plot</p>
---	--	---

E. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang digunakan dalam penelitian keanekaragaman makrobentos sebagai indikator biologi kualitas air di Sungai Way Belau, adalah sebagai berikut.

1. Tahap Persiapan

Tahap ini, peneliti menentukan lokasi yang akan digunakan untuk tempat pengambilan sampel, dan menyiapkan alat serta bahan untuk digunakan dalam penelitian. Menyeterilkan semua alat, menyiapkan bahan yang akan digunakan, memberi label tabung kaca atau botol yang akan digunakan sebagai tempat sampel, pH meter, DO meter, thermometer, mistar berskala 1 mm, skop, baki plastik, alat penyaring dengan lebar mata saring 1 mm, botol atau tabung kaca, tali tambang, mikroskop atau lup, kotak styrofoam berukuran 20x20 cm, alat tulis, kamera, formalin 4%, ethanol 70%, akuades, MnSO_4 , NaOH, KI, erlenmeyer, amilum, botol Winkler,

Kalium Dikromat, Ag_2SO_4 , H_2SO_4 , alat pemanas, kondensor, indikator Feroiin, serta memberi label pada tabung kaca atau botol yang akan digunakan untuk menampung sampel sementara.

2. Tahap Pelaksanaan

Adapun tahap pelaksanaan yang dilakukan pada setiap stasiun penelitian adalah sebagai berikut :

a. Indikator Biologi

- 1) Membuat papan pengecekan pada sungai menggunakan tali tambang.
- 2) Melakukan pengambilan sampel menggunakan teknik pengerukan dasar perairan.
- 3) Mencuci hasil penyaringan dengan air, supaya tanah atau pasir tidak ikut terbawa dan hasil yang didapat hanya makrobentos.
- 4) Memasukan hasil saringan sampel bentos kedalam tabung berlabel dan melakukan fiksasi dengan menggunakan formalin 10% didalam botol sampel bentos pada saat dilokasi pengambilan sampel.
- 5) Melakukan pencucian (*rinsing*) pada sampel di laboratorium.
- 6) Menuangkan ethanol kedalam sampel yang telah melewati proses pencucian.
- 7) Melakukan penyortiran sampel
- 8) Melakukan identifikasi makrobentos yang sudah didapatkan di Laboratorium sampai pada tingkat famili,
- 9) Mendokumentasikan seluruh kegiatan sampai tahap identifikasi.
- 10) Mengulangi seluruh kegiatan pada setiap stasiun pengambilan sampel.

b. Indikator Fisika

1) Suhu

- a) Memasukan setengah bagian termometer ke dalam air sungai,
- b) Menunggunya selama 30 detik,
- c) Melihat nilai yang tertera pada termometer,
- d) Mencatat hasil pengukuran yang didapatkan.

2) Kedalaman

- a) Memasukan tongkat kayu yang sudah di beri ukuran 1 cm – 150 cm kedalam sungai, dan mengusahakan agar tongkat tersebut berdiri lurus,
- b) Melihat sampai batasan angka yang terendam di permukaan air,
- c) Mencatat hasil pengukuran yang didapatkan.

3) Kecerahan

- a) Memasukan sechi disk yang di beri tali dan pemberat kedalam sungai,
- b) Mengamati sampai jarak paling dalam sechi disk itu dapat terlihat,
- c) Mengukur seberapa panjang tali yang tercelup ke dalam,
- d) Mencatat hasil pengukuran yang didapatkan.

c. Indikator Kimia

1) DO (Oksigen Terlarut)

- a) Mengambil sampel air dengan menggunakan botol sampel berukuran 500ml, usahakan tidak terdapat udara yang,
- b) Kemudian menambahkan 2 ml $\text{MnSO}_4 + \text{NaOH} + \text{KI}$,

- c) Kemudian tutup botol tersebut dan kocok hingga larutan homogen dan terjadi endapan.
- d) Berikutnya menambahkan 2 ml H_2SO_4 pekat kemudian menutup botol dan kocok hingga larutan berwarna kuning,
- e) Setelah itu memasukkan 100 ml sampel ke dalam erlenmeyer 250 ml.
- f) Menambahkan 2 tetes amilum, apabila timbul warna biru
- g) Kemudian melanjutkannya dengan titrasi $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,025 N hingga bening.

2) BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

- a) Menyiapkan 1 buah labu takar 500 ml
- b) Menuangkan sampel sesuai dengan perhitungan pengenceran,
- c) Menambahkan air pengencer sampai batas labu.
- d) Menyiapkan 2 buah botol Winkler 300 ml dan 2 buah botol Winkler 150 ml.
- e) Menuangkan air dalam labu takar tadi kedalam botol Winkler 300 ml dan 150 ml sampai tumpah.
- f) Menuangkan air pengencer ke botol Winkler 300 ml dan 150 ml sebagai blanko sampai tumpah.
- g) Memasukkan kedua botol Winkler 300 ml ke dalam incubator 20°C selama 5 hari.
- h) Kedua botol Winkler 150 ml yang berisi air dianalisa oksigen terlarutnya dengan prosedur sebagai berikut:
 - Menambahkan 1 ml larutan mangan sulfat

- Menambahkan pereaksi oksigen
 - Menutup botol dengan hati-hati agar tidak ada gelembung udaranya lalu balik-balikkan beberapa kali.
 - Membiarkan gumpalan mengendap selama 5-10 menit
 - Menambahkan 1 ml asam sulfat pekat, tutup dan balik-balikkan.
 - Menuangkan 100 ml larutan ke dalam erlenmeyer 250 ml.
 - Mentitrasi dengan larutan Natrium Tiosulfat 0,0125 N sampai warna menjadi coklat muda.
 - Menambahkan 3-4 tetes indikator amilum
 - Mentitrasi dengan Natrium Tiosulfat hingga warna biru hilang.
- i) Setelah 5 hari, analisa kedua larutan dalam botol Winkler 300 ml dengan analisa oksigen terlarut.

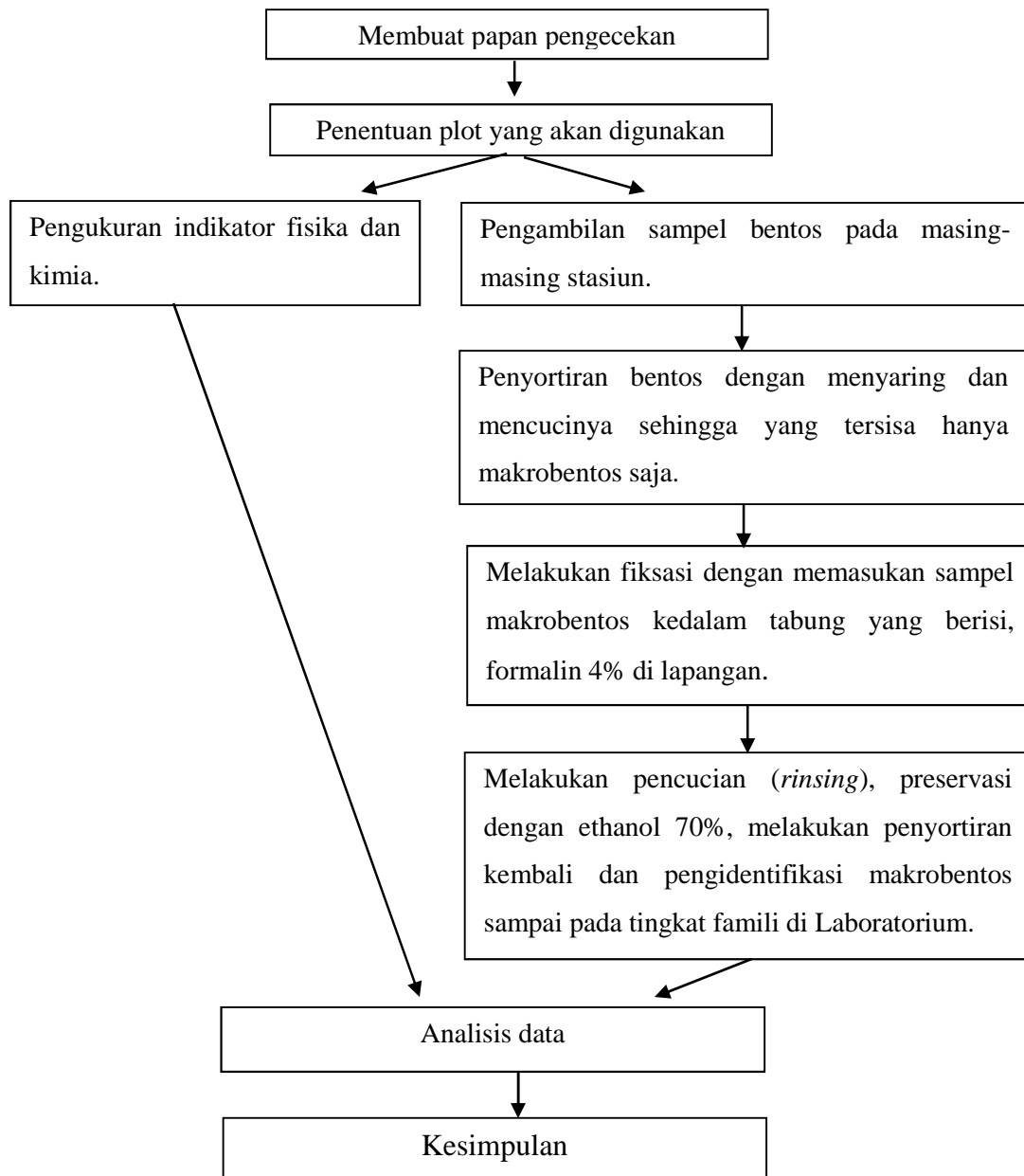
3) COD (*Chemical Oxygen Demand*)

- a) Memasukkan 0,4 gr kristal Hg_2SO_4 ke dalam masing-masing erlenmeyer COD.
- b) Menuangkan 20 ml air sampel dan 20 ml air aquadest (sebagai blanko) ke dalam masing-masing erlenmeyer COD.
- c) Menambahkan 10 ml larutan Kalium Dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 0,1N
- d) Menambahkan 30 ml larutan campuran Ag_2SO_4 dan H_2SO_4
- e) Mengalirkan air pendingin pada kondensor
- f) Memasang erlenmeyer COD.

- g) Menyalakan alat pemanas
- h) Merefluís larutan tersebut selama 2 jam.
- i) Membiarkan erlenmeyer dingin
- j) Menambahkan air aquadest melalui kondensor sampai volume 150 ml.
- k) Melepaskan erlenmeyer dari kondensor dan tunggu sampai dingin.
- l) Menambahkan 3-4 tetes indikator ferroin.
- m) Menitrasi kedua larutan di erlenmeyer tersebut dengan indikator Ferroin 0,05 N hingga warna menjadi merah coklat.

F. Diagram Alir Penelitian

Adapun tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.4
Skema Tahap Pelaksanaan

G. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data dengan observasi dan dokumentasi. Pengumpulan data dalam sebuah penelitian merupakan langkah yang amat penting, karena data yang telah dikumpulkan akan digunakan untuk pemecahan masalah yang sedang diteliti atau untuk menguji hipotesis yang telah dirumuskan sebelumnya. Pengamatan yang akan dilakukan di dalam penelitian ini adalah keberagaman makrobentos sebagai indikator biologi. Indikator fisika yang diamati adalah kedalaman, kecerahan, dan suhu, sedangkan indikator kimia yang diamati adalah DO, COD, BOD, dan pH.

H. Teknik Analisis Data

Analisis data yang dilakukan untuk mengetahui keanekaragaman makrobentos yang terdapat di Sungai Way Belau adalah analisis data kuantitatif. Data kuantitatif adalah data yang berhubungan dengan angka-angka, baik yang diperoleh dari hasil pengukuran, misalnya hasil dari pengukuran atau perhitungan. Data yang didapat dari hasil penelitian ini, akan disajikan dalam bentuk tabel yang mendeskripsikan data dan tanpa merubah data yang didapatkan pada saat penelitian, yaitu meliputi data keanekaragaman makrobentos, suhu, kedalaman, kecerahan, pH, BOD, COD dan DO. Data hasil identifikasi makrobentos akan diolah menggunakan perhitungan kelimpahan, keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi.

1. Indikator Biologi

a. Kelimpahan

Kualitas perairan dapat digambarkan dengan struktur komunitas bentos yang

di analisis dengan model distribusi kelimpahan spesies.¹

$$P_i = \frac{\sum \text{Famili hewan } i}{\sum \text{Total hewan}}$$

Dengan:

P_i = Nilai kelimpahan

Suatu spesies dikatakan melimpah apabila ditemukan individunya dalam jumlah yang sangat banyak dibandingkan dengan individu dari spesies lain.

b. Indeks Dominansi Simpson (C)

$$C = \frac{1}{\sum P_i^2}$$

Dimana

$$P_i = n_i/N$$

Dengan:

P_i = jumlah individu masing-masing jenis ($i = 1, 2, 3, \dots$)

n_i = jumlah individu spesies ke- i

N = jumlah individu seluruh spesies²

Tabel 3.2
Indeks Dominansi Simpson³

Indeks Dominansi	Tingkat Dominansi
$00,0 < C \leq 0,30$	Dominansi Rendah
$0,30 < C \leq 0,60$	Dominansi Sedang
$0,60 < C \leq 1,00$	Dominansi Tinggi

¹ Melati Fernita Fachrul, *Op. Cit.* h. 97.

² Suci Wulan Pawhestri, Jafron.W.Hidayat, Sapto P. Putro. *Assessment of Water Quality Using Macrobenthos as Bioindicator and Its Application on Abundance-Biomass Comparison (ABC) Curves*, (Semarang: Universitas Diponegoro, 2015), h. 2.

³ Odum, E.P. *Fundamentals of Ecology. Third Edition*, (Philadelphia: W.B. Saunders Co, 1971), h. 302, dikutip oleh Melati Fernita Fachrul, *Metode Sampling Bioekologi* (Jakarta: Bumi Aksara, 2007), h. 109.

c. Indeks Keseragaman Shanon- Wiener

Keseragaman adalah komposisi jumlah individu dalam setiap genus yang terdapat dalam komunitas.

$$\text{Evennes} = \frac{H'}{H'_{MAX}} \text{ atau } \frac{H'}{\ln(s)}$$

Dengan:

S = jumlah keseluruhan dari spesies

H'_{MAX} = keragaman maksimum Shanon- Wiener

Tabel 3.3
Indeks Keseragaman Shannon-Wiener⁴

Indeks Keseragaman	Tingkat Keseragaman
Evennes > 0,6	Keseragaman Tinggi
0,4 < Evennes < 0,6	Keseragaman Sedang
Evennes < 0,4	Keseragaman Rendah

d. Keanekaragaman

Keanekaragaman suatu biota air dapat ditentukan dengan menggunakan teori informasi Shannon-Wiener (H'). tujuan utama teori ini adalah untuk mengukur tingkat keteraturan dan ketidakaturan dalam suatu sistem.

Adapun Indeks tersebut adalah sebagai berikut:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i (\ln P_i)$$

Atau

⁴ *Ibid*, h. 110.

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i (\log_2 P_i)$$

Dengan:

P_i = jumlah individu masing-masing jenis ($i = 1, 2, 3, \dots$)

n_i = jumlah individu spesies ke- i

N = jumlah individu seluruh spesies

S = Jumlah jenis

H' = penduga keragaman populasi

Komponen lingkungan, baik hidup (biotik) maupun yang mati (abiotik) akan mempengaruhi kelimpahan dan keanekaragaman biota air yang ada pada suatu perairan, hingga tingginya kelimpahan individu tiap jenis dapat dipakai untuk menilai kualitas suatu perairan. Perairan yang berkualitas biasanya memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi dan sebaliknya pada perairan yang buruk atau tercemar.

Tabel 3.4
Indeks Keanekaragaman Jenis Shannon-Wiener⁵

NO.	Indeks Keanekaragaman	Kualitas
1.	$H' > 3$	Belum Tercemar
2.	$1 - 3$	Setengah Tercemar
3.	$H' < 1$	Tercemar

⁵Lee, C.D., S.B. Wang. *Benthic Macroinvertebrate and Fish as Biological Indicator of Water Quality with Reference to Community Diversity Development Countries.* (Bangkok: 1978), h. 233, dikutip oleh Melati Fernita Fachrul, *Metode Sampling Bioekologi* (Jakarta: Bumi Aksara, 2007), h. 109.

2. Indikator Kimia

a. DO (Oksigen Terlarut)⁶

Teknik analisis data untuk pengukuran DO menggunakan rumus:

$$DO = \frac{n \text{ nitran} \times 0,025 \times \text{konstanta} \times 1000}{(\text{jumlah air yang dipakai}) \text{ ml}}$$

Keterangan:

n = banyaknya nitran yang dipakai

konstanta = nilai konstanta jenis nitran

b. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)⁷

Teknik analisis data untuk pengukuran BOD menggunakan rumus:

$$P = \frac{\text{ml sampel}}{\text{volume hasil pengenceran}}$$

$$BOD_5^{20}(\text{mg/l}) = \frac{\{(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)\} \times (1 - P)}{P}$$

Keterangan:

X_0 = Oksigen terlarut sampel pada $t = 0$

X_5 = Oksigen terlarut sampel pada $t = 5$

B_0 = Oksigen terlarut blanko pada $t = 0$

B_5 = Oksigen terlarut blanko pada $t = 5$

P = Derajat pengenceran

⁶ Buku Panduan Praktikum Budidaya Perikanan, (Lampung: Politeknik Negeri Lampung, 2014), h. 165.

⁷ *Ibid*, h. 165

c. COD (*Chemical Oxygen Demand*)⁸

Teknik analisis data untuk pengukuran COD menggunakan rumus:

$$\text{COD (mg/lO}_2\text{)} = \frac{(a - b) \times N \times 8000}{\text{volume sampel}} \times f \times P$$

Keterangan:

a = Volume FAS titrasi blanko (ml)

b = Volume FAS titrasi sampel (ml)

N = Normalitas larutan FAS

f = Faktor (20: titran blanko kedua)

P = Pengenceran

⁸ *Ibid*, h. 168

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Indikator Biologi

Indikator biologi yang digunakan pada penelitian ini adalah makrobentos. Pengambilan sampel dilakukan di 3 stasiun yang berbeda. Hasil identifikasi makrobentos yang didapatkan, dapat dilihat pada tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1
Jumlah Individu

No .	Famili	Jumlah Individu		
		Stasiun I	Stasiun II	Stasiun III
1.	<i>Thiaridae</i>	13	7	4
2.	<i>Pleuroceridae</i>	6	3	4
3.	<i>Lumbricidae</i>	1	0	0

Tabel diatas menunjukan bahwaterdapat tiga famili hewan yang ditemukan dari tiga stasiun penelitian. Ketiga famili tersebut adalah *Thiaridae*, *Pleuroceridae*, dan *Lumbricidae*.

a. Famili *Thiaridae*

Klasifikasi dari famili *Thiaridae* adalah sebagai berikut¹.



Gambar4.1 :*Thiaridae*

Kingdom	: Animalia
Filum	: Mollusca
Class	: Gastropoda
Ordo	: Mesegastropoda
Famili	: <i>Thiaridae</i>

Makrobentos yang di identifikasi sebagai famili *Thiaridae* memiliki ciri-ciri sebagai berikut, organisme ini memiliki cangkang tunggal, dan arah putaran cangkangnya searah jarum jam. Pada pangkal cangkang bagian bawah berbentuk oval dan berukuran besar, sedangkan bagian atas cangkang berbentuk mengerucut. Cangkang berumbai dan permukaannya ditutupi oleh nodul-nodul yang tertata dengan rapi. Cangkang terdiri dari 7-8 seluk atau tingkat, untuk seluk dibagian bawah berukuran besar. Jarak antar nodul ke nodul dan seluk ke seluk terlihat jelas.² Tinggi cangkang sekitar 2,5-6 cm, tergantung pada jenisnya. Warna cangkangnya meliputi kuning coklat, coklat muda, coklat tua sampai kuning kecoklatan dengan garis melingkar berwarna coklat tua.³

Thiaridae mempunyai operculum yang terbuat dari zat tanduk. Operculum yang dimiliki berbentuk bulat telur dengan warna coklat tua sampai

¹ Klasifikasi *Thiaridae* “ (On-line), tersedia di: <http://www.conchology.be /33family=THIARIDAE> (23 Juli 2017)

² Baldwin Ward, Hendri. *Fresh Water Biology Second Edition*, (Seattle, University of Washington, 1945), h. 1125

³ Boen s. Oemarjati, *Taksonomi Avertebrata Pengantar Praktikum Laboratorium* (Jakarta: Universitas Indonesia, 1990), h. 103

kehitaman. Organ kelaminnya tidak menonjol keluar. Gigi tengah pada radula tidak ditutupi oleh daging yang mempunyai saraf. *Thiaridae* termasuk hewan vivipar atau melahirkan. Habitat hidup *Thiaridae* dikolam-kolam atau sungai-sungai yang berarus lambat, dan tergolong hewan herbivora karena pemakan tanaman air dan ganggang.⁴

b. Famili *Lumbricidae*

Klasifikasi dari famili *Lumbricidae* sebagai berikut.⁵



Gambar 4.2 : *Lumbricidae*

Kingdom	: Animalia
Filum	: Annelida
Class	: Oligochaeta
Ordo	: Opisthophora
Famili	: <i>Lumbricidae</i>

Famili *Lumbricidae*, mempunyai ciri-ciri sebagai berikut, tubuh tersusun atas 115 – 200 segmen. Tubuh berwarna kemerahan, sedikit transparan dan tidak memiliki parapodia, serta berkulit kulit halus. Tubuh cacing ini terbagi menjadi lima bagian yaitu bagian depan (*anterior*), bagian tengah, bagian belakang (*posterior*), bagian punggung (*dorsal*), dan bagian perut (*ventral*). Cacing ini memiliki klitelum yaitu alat perkembangbiakan. Klitelum merupakan bagian cacing yang menebal, dan warnanya lebih terang dibandingkan bagian tubuh lainnya. Cacing ini memiliki seta (*setae*) atau rambut pendek yang berukuran

⁴ Baldwin Ward, Hend ri. *Log. Cit.*

⁵ Brinkhurst, R.O. *Aquatic Oligochaeta Scientific Publication No. 22 Second Edition.* (British: Fresh Water Biological Association, 1971)

sangat kecil. *Oligochaeta* sering ditemui dalam lumpur dan bawah substrat kolam yang tenang. Hewan ini dapat bertahan pada kadar oksigen yang sangat rendah.⁶

c. Famili *Pleuroceridae*

Klasifikasi dari famili *Pleuroceridae* sebagai berikut.⁷



Kingdom	: Animalia
Filum	: Mollusca
Class	: Gastropoda
Ordo	: Mesogastropoda
Famili	: <i>Pleuroceridae</i>

Gambar 4.3 :*Pleuroceridae*

Makrobentos yang teridentifikasi sebagai famili *Pleuroceridae* memiliki ciri-ciri yang hampir sama dengan famili *Thiaridae*, namun terdapat sedikit perbedaan. Perbedaan tersebut terletak pada nodul, rumbai, warna cangkang, dan perkembangbiakannya. Jika pada famili *Thiaridae* ditemukan adanya nodul dan rumbai, namun pada famili *Pleuroceridae* kedua hal tersebut tidak ditemukan. Warna cangkang *Pleuroceridae* yaitu kuning kecoklatan dan tidak ditemukan adanya garis melingkar berwarna coklat di cangkang tersebut. *Pleurocerida* termasuk hewan bertelur atau ovipar.⁸

Hasil identifikasi yang telah diperoleh, dianalisis menggunakan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H'), keseragaman Shannon-Wiener (Evenness), dan dominansi Simpson (C) yang dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut.

⁶Amri, Khairul, *Mengeruk Untung dari Beternak Cacing*(Jakarta: PT. Agro Media Pustaka, 2009), h. 4

⁷Klasifikasi *Pleuroceridae*“ (On-line), tersedia di: <http://www.conchology.be/169family=Pleuroceridae> (28 Juli 2017)

⁸ Baldwin Ward, Hend ri. *Log. Cit.*

Tabel 4.2
Keanekaragaman, Keseragaman, dan Dominansi.

No.	Indeks	Stasiun		
		I	II	III
1.	Keanekaragaman Shannon-Wiener (H')	0,423	0,250	0,293
2.	Keseragaman Shannon-Wiener (Evenness)	0,299	0,166	0,208
3.	Dominansi Simpson (C)	0,725	0,672	0,663

Berdasarkan hasil yang didapatkan yang dapat dilihat pada tabel 4.2, menunjukkan bahwa nilai keanekaragaman tertinggi dimiliki oleh stasiun I yaitu sebesar 0,423. Untuk nilai keanekaragaman terendah dimiliki oleh stasiun II yaitu sebesar 0,250. Untuk nilai keseragaman tertinggi dimiliki oleh stasiun I, sedangkan nilai keseragaman terendah dimiliki oleh stasiun II. Tabel diatas juga menunjukkan bahwa stasiun I dengan nilai dominansi sebesar 0,725 merupakan nilai dominansi tertinggi, sedangkan nilai 0,663 merupakan nilai dominansi terendah yang dimiliki oleh stasiun III.

2. Indikator Fisika

Indikator fisika yang digunakan pada penelitian ini adalah suhu, kedalaman, dan kecerahan. Pengambilan sampel dilakukan di 3 stasiun yang berbeda. Hasil pengukuran yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3
Hasil Pengukuran Indikator Fisika

NO.	Parameter	Satuan	Hasil Penelitian	Baku Mutu	Keterangan
1.	Suhu	°C	27,2 – 28,5	30 – 39	Tercemar
2.	Kedalaman	m	0,148 – 0,207	-	-
3.	Kecerahan	m	0,135 – 0,161	<6	Tidak Tercemar

Tabel di atas menunjukkan nilai hasil penelitian yang didapat dan nilai baku mutu air menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air, sebagai pembanding. Penjelasan lebih lanjut tentang hasil yang diperoleh dapat dilihat di bawah ini.

a. Suhu

Hasil yang didapatkan setelah dilakukan pengukuran pada indikator fisika berupa suhu air sungai, dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4
Hasil Pengukuran Suhu

No.	Stasiun	Suhu (°C)	Baku Mutu	Keterangan
1.	I	28,5	30 - 39°C	Tercemar
2.	II	27,2		Tercemar
3.	III	28,3		Tercemar

Tabel di atas menunjukkan adanya perbedaan suhu antara stasiun I, II, dan III tidak terlalu jauh. Untuk hasil pengukuran suhu tertinggi terletak pada stasiun I yaitu sebesar 28,5 °C, sedangkan untuk hasil pengukuran suhu terendah terletak pada stasiun II yaitu sebesar 27,2 °C. Secara keseluruhan, ketiga stasiun tersebut memiliki suhu di bawah kisaran baku mutu pada suhu air.

b. Kedalaman

Hasil yang didapatkan setelah dilakukan pengukuran indikator fisika berupa kedalaman sungai, dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5
Hasil Pengukuran Kedalaman

No.	Stasiun	Kedalaman	Baku Mutu	Keterangan
1.	I	0,207 m	-	-
2.	II	0,158 m		-
3.	III	0,148 m		-

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa adanya perbedaan kedalaman antara stasiun I, II, dan III. Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa, stasiun I mempunyai kedalaman nilai sebesar 0,207m dan merupakan yang paling dalam diantara kedua stasiun lainnya. Untuk stasiun yang memiliki nilai kedalaman terendah atau stasiun yang paling dangkal adalah stasiun III dengan kedalaman sebesar 0,148 m. Pada pengukuran kedalaman sungai, tidak terdapat angka batasan maksimum atau minimum, untuk penjelasan lebih lanjut dapat dilihat pada bagian pembahasan.

c. Kecerahan

Hasil yang didapatkan setelah dilakukan pengukuran indikator fisika berupa kecerahan air sungai, dapat dilihat pada tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4.6
Hasil Pengukuran Kecerahan

No.	Stasiun	Kecerahan	Baku Mutu	Keterangan
1.	I	0,161 m	< 6 m	Tidak Tercemar
2.	II	0,158 m		Tidak Tercemar
3.	III	0,135 m		Tidak Tercemar

Pada tabel 4.6 dapat dilihat bahwa perbedaan tingkat kecerahan antara stasiun I, II, dan III tidak terlalu jauh. Berdasarkan tabel hasil pengukuran kecerahandi atas dapat dilihat bahwa, pada stasiun I mempunyai tingkat kecerahan tertinggi yaitu sebesar 0,161m. Untuk tingkat kecerahan terendah terdapat pada

stasiun III yaitu sebesar 0,135m. Hasil yang didapatkan pada ketiga stasiun tersebut seluruhnya di bawah kisaran baku mutu untuk kecerahan sungai yaitu sebesar 6 m, untuk penjelasan lebih lanjut dapat dilihat pada bagian pembahasan.

3. Indikator Kimia

Indikator kimia yang digunakan pada penelitian ini adalah pH, DO, BOD, dan COD. Pengambilan sampel dilakukan di 3 stasiun yang berbeda, hasil pengukurannya dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4.7
Hasil Pengukuran Indikator Kimia

NO.	Parameter	Satuan	Hasil Penelitian	Baku Mutu	Keterangan
1.	pH	-	6,7 – 7,0	7-8,5	Tercemar
2.	DO	mg/l	5,5 – 5,8	>5	Tidak Tercemar
3.	BOD ₅	mg/l	2,0 – 2,5	<10	Tidak Tercemar
4.	COD ₅	mg/l	1,3 – 2,0	<100	Tidak Tercemar

Tabel di atas menunjukkan nilai hasil penelitian yang didapat dan nilai baku mutu air menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air, sebagai pembanding. Penjelasan lebih lanjut tentang hasil yang diperoleh dapat dilihat di bawah ini

a. pH

Hasil yang didapatkan setelah dilakukan pengukuran pada parameter kimia berupa pH, dapat dilihat pada tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8
Hasil pengukuran pH

No.	Stasiun	pH	Baku Mutu	Keterangan
1.	I	6,8	7,0 – 8,5	Tercemar
2.	II	6,7		Tercemar
3.	III	7		Tidak Tercemar

Pada table 4.8 dapat dilihat bahwa perbedaan pH antara stasiun I, II, dan III tidak terlalu jauh. Tabel diatas menunjukkan bahwa nilai pH tertinggi terdapat pada stasiun III yakni sebesar 7. Untuk nilai terendah terdapat pada stasiun II yakni sebesar 6,7. Nilai pH pada dua stasiun berada di bawah nilai baku mutu dan satu stasiun masuk kedalam kisaran baku mutu untuk pH air.

b. DO (*Dissolved Oxygen*)

Hasil pengukuran pada indikator kimia berupaDO, dapat dilihat pada tabel 4.9 di bawah ini.

Tabel 4.9
Hasil Pengukuran DO

No.	Stasiun	DO (mg/L)	Baku Mutu	Keterangan
1.	I	5,8	>5 mg/L	Tidak Tercemar
2.	II	5,5		Tidak Tercemar
3.	III	5,7		Tidak Tercemar

Pada tabel 4.9 dapat dilihat bahwa perbedaan DO antara stasiun I, II, dan III tidak terlalu jauh. Pada tabel diatas, dapat dilihat bahwa stasiun I memiliki nilai DO tertinggi yakni sebesar 5,8 mg/l, dan untuk nilai DO terendah terdapat pada stasiun II, yakni sebesar 5,5 mg/l. Hasil pengukuran DO pada ketiga stasiun, secara keseluruhan menunjukkan nilai di atas kisaran baku mutupada DO air.

c. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Hasil yang di dapat setelah dilakukan pengukuran pada parameter kimia yaitu BOD, dapat dilihat pada tabel 4.10 di bawah ini.

Tabel 4.10
Hasil Pengukuran BOD

No.	Stasiun	BOD	Baku Mutu	Keterangan
1.	I	2,2mg/l	< 10 mg/l	Tidak Tercemar
2.	II	2,0 mg/l		Tidak Tercemar
3.	III	2,5mg/l		Tidak Tercemar

Pada table 4.10 dapat dilihat bahwa perbedaan BOD antara stasiun I, II, dan III tidak terlalu jauh. Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa, nilai BOD tertinggi terdapat pada stasiun III yaitu sebesar 2,5 mg/l. Untuk nilai BOD terendah terdapat pada stasiun II yaitu sebesar 2,0 mg/l. Secara keseluruhan nilai BOD pada ketiga stasiun diatas, seluruhnya mempunyai nilai yang masih di bawah kisaran baku mutu pada BOD air.

d. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Hasil yang di dapat setelah dilakukan pengukuran pada parameter kimia yakni COD, dapat dilihat pada tabel 4.11 berikut.

Table 4.11
Hasil Pengukuran COD

No.	Stasiun	COD	Baku Mutu	Keterangan
1.	I	1,3mg/l	< 100 mg/l	Tidak Tercemar
2.	II	1,3mg/l		Tidak Tercemar
3.	III	2,0mg/l		Tidak Tercemar

Pada table 4.11 dapat dilihat bahwa perbedaan COD antara stasiun I, II, dan III tidak terlalu jauh. Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa, nilai COD

tertinggi terdapat pada stasiun III, yaitu sebesar 2,0 mg/l, sedangkan nilai COD terendah terdapat pada stasiun I dan II. Stasiun I dan II mempunyai nilai COD yang sama yaitu sebesar 1,3 mg/l. Secara keseluruhan nilai COD pada ketiga stasiun tersebut masih di bawah kisaran baku mutu pada COD air.

B. Pembahasan

1. Indikator Biologi

Sampling indikator biologi dilakukan pada organisme bentos yang berukuran makro atau yang dikenal dengan nama makrobentos. Sampling pada penelitian ini dilakukan sebanyak dua kali. Sampling pertama dilakukan pada tanggal 17 Juni 2017, dan pengambilan sampling kedua dilakukan pada tanggal 2 Agustus 2017. Identifikasi makrobentos dilakukan di Laboratorium Zoologi Fakultas MIPA Universitas Lampung. Hasil identifikasi yang didapat setelah dilakukan dua kali sampling makrobentos dapat diklasifikasikan kedalam 3 famili, yaitu famili *Thiaridae*, *Pleuroceridae*, dan *Lumbricidae*. Hasil yang didapatkan tersebut kemudian dihubungkan dengan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener, keseragaman Shannon-Wiener, dan dominansi Simpson.

a. Keanekaragaman

Nilai keanekaragaman yang terdapat di stasiun I, II, dan III seluruhnya mempunyai nilai dibawah 1. Nilai dibawah 1 menunjukkan bahwa nilai keanekaragaman yang terdapat di sungai tersebut rendah. Nilai keanekaragaman

yang rendah menunjukkan bahwa komunitas makrobentos yang ada di sungai tersebut telah terganggu oleh pengaruh lingkungan, begitupun sebaliknya

b. Keseragaman

Nilai keseragaman yang terdapat di stasiun I, II, dan III seluruhnya mempunyai nilai dibawah 0,4. Nilai sebesar 0,4 termasuk kedalam tingkat keseragaman rendah. Tingkat keseragaman rendah memiliki makna bahwa jumlah individu dalam setiap familinya sedikit. Ketika jumlah individu dalam setiap familinya sedikit maka dapat dikatakan bahwa ekosistem tersebut sudah tercemar, begitu juga sebaliknya.

c. Dominansi

Nilai dominansi yang terdapat di stasiun I, II, dan III seluruhnya mempunyai nilai di atas 0,6. Nilai sebesar 0,6 termasuk kedalam tingkat dominansi tinggi. Nilai dominansi yang tinggi menunjukkan bahwa dalam ekosistem tersebut telah terjadi ketidak-seimbangan populasi atau ada salah satu famili yang mendominasi. Ketika didalam suatu ekosistem terjadi dominasi sepihak oleh famili tertentu maka hal tersebut merupakan indikasi bahwa ekosistem tersebut sudah tercemar, begitu juga sebaliknya.

Hasil indikator biologi yang didapat pada penelitian ini menunjukkan bahwanilai keanekaragaman dan keseragaman rendah serta nilai dominansi tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa komunitas makrobentos yang terdapat pada sungai tersebut telah terganggu oleh pengaruh lingkungan. Pengaruh lingkungan tersebut dapat berupa fenomena alam dan aktivitas manusia. Aktivitas manusia yang

terjadi pada stasiun tiga adalah mandi, mencuci baik pakaian, dan membuang sampah. Pada stasiun dua aktivitas manusia yang terlihat adalah mencuci peralatan perkebunan seperti alat tangki penyemprotan, sedangkan pada stasiun satu tidak ada aktivitas manusia yang terlihat.

Makrobentos dalam satu famili umumnya memiliki tingkat kepekaan yang sama terhadap pengaruh lingkungan atau bahan pencemar. Hal ini memiliki arti bahwa jika suatu famili terkena bahan pencemar dan famili itu tidak resisten atau tidak dapat bertahan hidup jika terkena bahan pencemar, maka akan menimbulkan dampak negatif pada ekosistem sungai. Dampak negatif yang ditimbulkan dapat berupa pindahnya famili yang tidak resisten ke tempat yang lebih sedikit bahan pencemarnya, jumlah individu dalam famili akan berkurang, dan famili tersebut akan mati dan hilang dari ekosistem perairan. Ketika salah satu atau lebih dari satu famili yang hilang dari ekosistem perairan, maka hal tersebut akan menurunkan nilai keanekaragaman dan menaikkan nilai dominansi famili yang resisten terhadap bahan pencemar tersebut.

Naik atau tingginya nilai dominansi terjadi karena famili dari anggota makrobentos yang resisten, akan berkembangbiak secara terus-menerus tanpa terganggu oleh bahan pencemar. Sehingga jumlah anggota famili tersebut akan memenuhi atau mendominasi sungai. Famili yang tidak resisten, tetapi sebagian kecil dari individunya masih dapat bertahan akan mempengaruhi nilai keseragaman yang ada pada ekosistem sungai. Banyaknya individu tersebut setiap tempatnya akan berbeda, dikarenakan perbedaan bahan pencemar yang

mencemari dan tingkat pencemaran yang terjadi pada lingkungan hidupnya. Berdasarkan hasil keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi yang digunakan, dapat disimpulkan bahwa sungai Way Belau jika dilihat dari indikator biologi yang ada, sudah termasuk ke dalam kategori sungai yang tercemar.

2. Indikator Fisika dan Kimia

Sampling air untuk indikator fisika dan kimia pada penelitian ini dilakukan sebanyak dua kali. Pada saat sampling pertama dilakukan pada tanggal 14 Juni 2017, kondisi lokasi sampling sedang hujan dengan intensitas cukup ringan dan volume air yang cukup tinggi dikarenakan hujan pada beberapa hari sebelumnya. Pada sampling kedua dilakukan pada tanggal 16 Agustus 2017, kondisi cuaca lokasi sampling sedang cerah, namun volume air rendah atau lebih sedikit dikarenakan lebih dari satu bulan sudah tidak turun hujan.

Pengukuran suhu, kedalaman, kekeruhan, dan pH dilakukan di lapangan secara langsung. Sedangkan pengukuran DO, BOD, dan COD dilakukan di Laboratorium Budidaya Perikanan Politeknik Negeri Lampung. Untuk pengukuran indikator kimia dan fisika air dilakukan secara bersamaan, hal ini dikarenakan indikator ini termasuk kedalam indikator sewaktu atau hasilnya bisa berubah sewaktu-waktu sesuai penyebabnya. Berbeda dengan bioindikator, bioindikator tidak termasuk kedalam indikator sewaktu hal ini dikarenakan struktur komunitas bioindikator akan berubah jika terpapar bahan pencemar dalam waktu yang lama.

Pembahasan indikator fisika dan kimia, secara keseluruhan menggunakan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air. Pembahasan setiap indikator yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Suhu

Hasil pengukuran suhu yang didapat dari tiga stasiun, dapat disimpulkan bahwa sungai Way Belau mempunyai suhu berkisar antara $27,2^{\circ}\text{C}$ – $28,5^{\circ}\text{C}$. Besar nilai suhu yang diperoleh tersebut tidak termasuk kedalam kategori normal, dikarenakan kisaran suhu normal yakni $30 - 39^{\circ}\text{C}$. Suhu mempunyai pengaruh terhadap metabolisme makrobentos. Jika suhu perairan tinggi maka akan mempercepat proses metabolisme dan dapat merusak enzim serta reaksi-reaksi yang terdapat didalam tubuh makrobentos, begitu juga sebaliknya. Jika suhu perairan rendah maka akan memperlambat proses metabolisme. Berdasarkan pengukuran suhu yang sudah dilakukan dapat dikatakan bahwa sungai Way Belau memiliki suhu yang masih dibawah suhu normal menurut baku mutu air, namun masih sesuai bagi kehidupan sebagian makrobentos seperti gastropoda, sehingga dapat dikatakan bahwa sungai ini tercemar sedang.

b. Kedalaman

Hasil pengukuran kedalaman yang didapat dari tiga stasiun penelitian, dapat disimpulkan bahwa sungai Way Belau mempunyai kedalaman berkisar antara $0,148 - 0,207$ cm. Sungai yang memiliki kedalaman tersebut termasuk kedalam sungai yang dangkal. Sungai yang dangkal masih dapat dihuni biota air seperti

makrobentos, tetapi tidak dapat digunakan untuk budidaya perikanan, karena untuk budidaya perikanan kedalaman minimal sungai adalah 0,6 m pada musim kemarau. Kedalaman sungai mempunyai pengaruh terhadap kadar oksigen yang dapat menembus sampai ke dasar sungai. Sungai yang dalam, pada bagian dasarnya sangat sedikit mengandung kadar oksigen, sedangkan sungai yang dangkal mempunyai banyak kadar oksigen yang digunakan makrobentos untuk respirasi.

Ketika kadar oksigen di dasar sungai sedikit, maka makrobentos yang dapat berenang akan mengambil oksigen di permukaan air contohnya larva capung dan biota air yang tidak dapat berenang akan berpindah ke perairan yang lebih dangkal contohnya gastropoda. Untuk batasan minimum atau maksimum mengenai kedalaman suatu perairan, di dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air, tidak tertera. Hal ini dikarenakan ukuran kedalaman perairan tidak terlalu berpengaruh terhadap pencemaran, tetapi kedalaman berpengaruh terhadap kehidupan biota air didalamnya.

c. Kecerahan

Hasil pengukuran kecerahan yang didapat dari tiga stasiun, dapat disimpulkan bahwa sungai Way Belau mempunyai kecerahan berkisar antara 0,135 – 0,161 m. Kecerahan atau intensitas cahaya yang dapat mencapai dasar perairan, memiliki pengaruh yang besar terhadap reaksi fotosintesis organisme didalam perairan seperti alga. Kecerahan air dipengaruhi oleh banyaknya partikel lain yang ikut terbawa arus air dan melayang-layang didalam air. Jika partikel

tersebut sangat banyak, maka akan menghalangi masuknya cahaya sampai kedasar perairan sehingga mengakibatkan tingkat kecerahan air menjadi rendah, begitu juga sebaliknya. Jika partikel yang terbawa air sedikit, maka tidak akan berpengaruh terhadap tingkat kecerahan air.

Ketika cahaya dapat menembus sampai kedasar perairan, maka cahaya tersebut akan digunakan dalam reaksi fotosintesis oleh tumbuhan air yang berada di dasar perairan untuk bertahan hidup. Hasil dari fotosintesis tumbuhan tersebut seperti oksigen, akan digunakan untuk respirasi organisme lain yang tidak dapat berfotosintesis. Sedangkan jika cahaya tidak dapat menembus sampai kedasar perairan, maka tumbuhan yang berada didasar perairan tidak dapat berfotosintesis dan tumbuhan tersebut akan mati. Ketika tumbuhan yang berada di dasar perairan mati, maka akan berdampak negatif pada organisme yang membutuhkan oksigen dari hasil fotosintesis tumbuhan tersebut. Dampak terburuk yang didapat adalah organisme tersebut akan mati juga.

Cahaya juga mempunyai dampak secara langsung terhadap kehidupan makrobentos. Ada sebagian makrobentos yang menyukai intensitas cahaya yang tinggi contohnya dari kelas *Gastropoda*, namun ada juga yang lebih menyukai intensitas cahaya yang rendah, contohnya dari kelas *Oligochaeta*. Organisme yang menyukai intensitas cahaya yang rendah, akan berpindah tempat ke tempat yang intensitas cahayanya rendah. Untuk batasan maksimum mengenai kecerahan suatu perairan, di dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air, tidak tertera namun untuk batasan

minimum sungai dengan kedalaman lebih dari 6 m haruslah memiliki nilai kecerahan di atas 6 m. Untuk sungai dengan kedalaman di bawah 6 m, umumnya kecerahan yang dimiliki dapat mencapai 6 m, atau cahaya dapat menembus sampai ke dasar perairan.

d. pH

Hasil pengukuran pH yang didapat dari tiga stasiun penelitian, dapat disimpulkan bahwa sungai Way Belau mempunyai pH berkisar antara 6,7 – 7,0. Besar kecilnya pH dapat berpengaruh terhadap makrobentos. Sebagian besar makrobentos terpengaruh terhadap perubahan pH. Jika pH pada perairan berkisar antara 6,0-6,5 atau 7,5-8 akan menyebabkan keanekaragaman makrobentos sedikit menurun, namun kelimpahan total dan produktivitas makrobentos tidak mengalami perubahan. Berdasarkan pengukuran pH, yang sudah dilakukan dapat dikatakan bahwa sungai Way Belau memiliki pH yang normal dan masih sesuai untuk kehidupan makrobentos atau dapat dikatakan belum tercemar.

e. DO (*Disssolved Oxygen*)

Hasil pengukuran DO yang didapat dari tiga stasiun penelitian, dapat disimpulkan bahwa sungai Way Belau mempunyai nilai DO berkisar antara 5,5-5,8 mg/l. Besar kecilnya kadar DO pada air akan mempengaruhi proses respirasi seluruh organisme seperti makrobentos yang ada didalamnya. Oksigen yang terdapat di dalam air dapat berasal dari hasil fotosintesis tumbuhan air atau bisa berasal dari permukaan air. Jika kandungan DO di dalam perairan rendah, hal tersebut akan menghambat proses respirasi makrobentos.

Makrobentos yang mempunyai kemampuan berenang, mereka akan mengambil oksigen dari permukaan air untuk memenuhi kebutuhan oksigen mereka. Untuk makrobentos yang tidak dapat berenang, mereka akan berpindah tempat yang dapat memenuhi kebutuhan oksigen mereka. Jika makrobentos tersebut tidak berpindah tempat, maka makrobentos akan kekurangan oksigen dan mengalami kematian. Berdasarkan pengukuran DO yang sudah dilakukan, dapat dikatakan bahwa sungai Way Belau termasuk sungai yang belum tercemar, karena kadar DO yang ada dapat memenuhi kriteria nilai baku mutu air yakni lebih besar dari 5 mg/l.

f. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Hasil pengukuran BOD yang didapat dari tiga stasiun penelitian, dapat disimpulkan bahwa sungai Way Belau mempunyai nilai BOD berkisar antara 2,0-2,5 mg/l. BOD memiliki pengertian banyaknya oksigen yang digunakan mikroorganisme dalam penguraian bahan organik. Jika pada air banyak ditemukan material organik, maka akan semakin besar kebutuhan oksigen mikroorganisme untuk penguraian bahan organik, begitu juga sebaliknya. Jika terdapat material organik dalam jumlah besar pada suatu perairan, maka oksigen di dalam air sebagian besar akan digunakan oleh mikroorganisme untuk proses penguraian bahan organik. Hal tersebut dapat mengurangi oksigen terlarut (DO) yang tersedia di dalam air, yang akan digunakan organisme akuatik untuk respirasi.

Ketika sebagian besar DO yang ada digunakan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik, maka DO yang tersedia untuk makrobentos akan

menjadi sedikit. Dampak yang timbul akan sama seperti pada pembahasan sebelumnya tentang pengaruh kekurangan DO pada makrobentos. Berdasarkan pengukuran BOD yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sungai Way Belau termasuk sungai yang belum tercemar, karena kadar BOD yang ada belum melampaui nilai batasan maksimum, yang yakni sebesar 10 mg/l.

g. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Hasil pengukuran COD yang didapat dari tiga stasiun penelitian, dapat disimpulkan bahwa sungai Way Belau mempunyai nilai COD berkisar antara 1,3-2,2 mg/l. COD memiliki arti jumlah oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi bahan kimia perairan dengan menggunakan oksidator kuat. Oksidator kuat dapat berupa kalium bikromat yang ditambah asam pekat dengan katalisator perak sulfat. Penggunaan kedua bahan ini akan membuat segala macam bahan organik, baik yang mudah terurai maupun yang kompleks dan sulit terurai akan teroksidasi. Besar kecilnya nilai COD memiliki dampak yang sama terhadap makrobentos seperti halnya BOD. Hal ini dikarenakan keduanya merupakan perhitungan banyaknya oksigen (DO) yang digunakan untuk menguraikan bahan organik. Berdasarkan pengukuran COD yang sudah dilakukan, dapat dikatakan bahwa sungai Way Belau termasuk sungai yang belum tercemar, karena kadar COD yang ada masih termasuk ke dalam batasan minimum yang berkisar antara 100 mg/l.

h. Substrat

Kondisi substrat dasar perairan yang beragam pada beberapa stasiun penelitian juga mempengaruhi hasil penilaian indikator, contohnya berpengaruh

pada kedalaman, kecerahan, dan banyaknya organisme yang didapat. Terdapat 3 jenis substrat dasar perairan yang ada pada penelitian ini yaitu jenis substrat berpasir, berpasir dan berbatu, serta berlumpur. Jenis substrat berlumpur ini sangatlah berbahaya dibandingkan kedua substrat lainnya. Hal ini dikarenakan jika terdapat organisme yang berasal dari filum gastropoda dan annelida melintasinya, organisme tersebut akan tenggelam di dalam lumpur. Ketika organisme tersebut tenggelam di dalam lumpur, organisme tersebut tidak akan dapat keluar dari lumpur tersebut. Semakin organisme tersebut bergerak keluar dari lumpur, maka akan semakin jauh organisme tersebut tenggelam. Organisme yang tenggelam didalam lumpur secara perlahan akan kurang oksigen, dan perlahan akan mati karena di dalam lumpur tidak terdapat kandungan oksigen untuk organisme berespirasi.

Berdasarkan indikator-indikator yang digunakan dalam penelitian kualitas air ini, terjadi perbedaan antara hasil diperoleh dari indikator kimia, fisika dan biologi. Indikator kimia dan fisika, secara keseluruhan dari hasil pengukuran DO, BOD, COD, pH, suhu, kedalaman, dan kecerahan menyatakan bahwa sungai Way Belau belum tercemar. Hal ini dikarenakan untuk indikator fisika dan kimia yang diukur dapat berubah sewaktu-waktu karena bergantung pada intensitas hujan, volume air, banyaknya pencemar dan teriknya sinar matahari. Indikator biologi secara keseluruhan menyatakan bahwa sungai Way Belau sudah tercemar. Hal ini dikarenakan untuk indikator biologi yang digunakan merupakan indikator jangka

panjang yang artinya indikator biologi ini akan berubah jika terpapar atau terpengaruh bahan pencemar dalam jangka waktu yang panjang. Hal ini didukung oleh hasil wawancara dengan salah satu masyarakat yang tinggal di sekitar sungai Way Belau. Beliau mengatakan bahwa “sekitar tahun 2000 sungai Way Belau ini pada bagian hulu masih hutan tetapi saat ini sudah terdapat industri-industri dan sarana wisata, selain itu pada bagian tengah hingga hilir sungai sudah banyak rumah yang didirikan dan perkebunan penduduk”.⁹ Berdasarkan hasil wawancara yang diperoleh maka dapat ditarik kesimpulan bahwa sungai Way Belau ini sudah tercemar dalam jangka waktu yang lama dan makrobentos yang terdapat di dalamnya sudah terpengaruh.

⁹ Sairi Ahmad, wawancara dengan masyarakat di sekitar sungai, Bandar Lampung, 20 Januari 2017.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan ditunjang analisis data serta pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Tingkat keanekaragaman makrobentos yang terdapat pada ekosistem perairan sungai Way Belau termasuk kategori rendah.
2. Tingkat pencemaran yang terjadi di sungai Way Belau berdasarkan indikator biologi menunjukan kategori tercemar, sedangkan untuk indikator fisika dan kimia menunjukan kategori tidak tercemar.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka disarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan penelitian berkala untuk memantau perubahan tingkat pencemaran yang terjadi pada sungai Way Belau Bandar Lampung.
2. Perlunya kesadaran diri baik dari masyarakat yang tinggal dan beraktivitas dibantaran sungai untuk menjaga sungai tetap alami dan tidak tercemar.
3. Perlu dilakukan pengadaan alat penelitian di laboratorium agar lebih lengkap, sehingga mahasiswa yang akan melakukan penelitian lebih

mudah. Ketersediaan air yang tidak memadai di laboratorium merupakan salah satu faktor penghambat kegiatan penelitian.

4. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sumber belajar dan dikembangkan oleh guru Biologi pada mata pelajaran Biologi SMA kelas X semester genap dalam materi Ekosistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Agama RI. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung: Diponegoro. 2010
- Adun Rusnayan, *Zoologi Invertebrata* Bandung: Alfabeta. 2011
- Amri, Khairul, *Mengeruk Untung dari Beternak Cacing* Jakarta: PT. Agro Media Pustaka, 2009
- Badan Pusat Statistik” (On-line), tersedia di: <https://www.bps.go.id> (6 Februari 2017, Pukul: 21:02 WIB)
- Baldwin Ward, Hendri. *Fresh Water Biology Second Edition*, Seattle: University of Washington, 1945
- Barus, *Faktor-Faktor Lingkungan Abiotik Dan Keanekaragaman Plankton Sebagai Indikator Kualitas Perairan Danau Toba*. Medan: Jurnal Mahasiswa Dan Lingkungan XI. 2004
- Bentuk-Bentuk Cangkang *Pelecypoda*” (On-line), tersedia di: Nurwahida76.wordpress.com (15 Maret 2017, Pukul: 08:09 WIB)
- Boen s. Oemarjati, *Taksonomi Avertebrata Pengantar Praktikum Laboratorium*. Jakarta: Universitas Indonesia. 1990
- Brinkhurst, R.O. *Aquatic Oligochaeta Scientific Publication No. 22 Second Edition*. British: Fresh Water Biological Association, 1971
- Dina Muthmainnah, *Keragaman Makrobenthos Di Rawa Lebak Pampangan Kabupaten Ogan Komering Ilir Provinsi Sumatera Selatan*. Palembang: Universitas PGRI. 2013
- Feminella dan Flynn, *The Alabama Watershed Demonstration Project: Biotic Indicators of Water Quality*. Alabama: Auburn Universities. 1999
- Frits Tatangindatu, *Studi Parameter Fisika Kimia Air pada Areal Budidaya Ikan di Danau Tondano, Desa Paleloan, Kabupaten Minahasa, Budidaya Perairan*. Minahasa. 2013
- Hordkinson ID, Jackson JK. *Terrestrial and Aquatic Invertebrates as Bioindicators for Environmental Monitoring, with Particular Reference to Mountain Ecosystems*. *Environ Manag* Vol. 35. London: 1990

- Doni Setiawan. *Struktur Komunitas Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Lingkungan Perairan Hilir Sungai Musi*. Bogor: Intitut Teknologi Bogor. 2008
- Jane B. Reece, Neil A.Campbell, *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 3*. Jakarta: Erlangga, 2010
- Jenis-Jenis *Annelida*” (On-line), tersedia di: <http://sherryanaais.wordpress.com> (15 Maret 2017, Pukul: 08:20 WIB)
- Jenis-Jenis *Gastropoda*” (On-line), tersedia di: <http://mybyologi.blogspot.com> (15 Maret 2017, Pukul: 08:05 WIB) 87
- Klasifikasi *Thiaridae*“ (On-line), tersedia di: <http://www.conchology.be/33family=THIARIDAE> (23 Juli 2017)
- Klasifikasi *Pleuroceridae*“ (On-line), tersedia di: <http://www.conchology.be/169family=Pleuroceridae> (28 Juli 2017)
- Letak geografis kota Bandar lampung” (On-line), tersedia di: <http://digilib.unila.ac.id> (9 februari 2017).
- M.Zahidin, *Kajian kualitas air di muara sungai pekalongan ditinjau dari indeks keanekaragaman makrobenthos dan indeks saprobitas plankton (tesis)*. Semarang, Universitas Diponegoro, 2008
- Masbah R.T. Siregar, *Road To Map Teknologi*. Jakarta: LIPI Press, 2004
- Masdiana Sinambela, *Makrozoobentos Dengan Parameter Fisika dan Kimia di Perairan Sungai Babura Kabupaten Deli Serdang*. Medan: Universitas Medan, 2015
- McGeoch MA, *The Selection, Testing, and Application of Terrestrial Insect as Bioindicator Biol Rev* 73. London: 1998
- Melati fernita, *Metode Sampling Bioekologi*. Jakarta: Bumi Aksara, 2007
- Modifikasi Baker et al., 1990 dalam Effendi, H. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengolahan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. (Yogyakarta: Penerbit Kanisius, 2003)
- Morfologi Tubuh *Crustacea*” (On-line), tersedia di: <http://mybyologi.blogspot.com> (15 Maret 2017, Pukul: 08:03 WIB)

- Ni Made Suartini, *Identifikasi Makrozoobentos di Tukan Bausan Desa Pererenan*. Bali, Jurnal Ilmiah Ectotropik 5, 2007
- Nur El Fajri, *Kualitas Perairan Muara Sungai Siak Ditinjau Dari Sifat Fisik-Kimia Dan Makrozoobentos*. Riau: Perikanan Terubuk, 2013
- Odum, *Dasar-dasar Ekologi. Terjemahan Tjahjono Samingan. Edisi Ketiga*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. 1993
- Peraturan Pemerintah Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air (On-line), tersedia di: <http://peraturan.go.id/permen/kemenlh-nomor-51-tahun-2004.html> (6 Februari 2017, Pukul 19:00).
- Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, Sistem Informasi Lingkungan Hidup Provinsi Lampung,” (On-line), tersedia di: <http://bplhd.lampungprov.go.id> (6 Februari 2017, Pukul: 19:05 WIB).
- Philip kristanto, *Ekologi Industry*. Yogyakarta: Andi offset, 2002
- Profil Sungai Batu Putu”(On-Line), tersedia di: <http://www.Malahayati.ac.id.htm> l(21 Januari 2017, Pukul: 19:33 WIB)
- Purnomo Putro, Sapto, *Metode Sampling Penelitian Makrobentos dan Aplikasinya*: Yogyakarta: Graha Ilmu, 2014
- Purwanto, *Studi Kualitas Perairan Danau Sentani Menggunakan Bioindikator Makrobentos*: Jayapura: Universitas Cendrawasih, 2013
- Revis Asra, *Makrozoobentos Sebagai Indikator Biologi Dari Kualitas Air Di Sungai Kumpeh Dan Danau Arang-Arang kabupaten Muaro Jambi*: Jambi: Jurnal Ilmiah, 2011
- Sambas wirakusuma, *Dasar-dasar ekologi bagi populasi dan komunitas*: Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press), 2013
- Setyobudiandi, *Makrozoobentos* (Bogor: Institut Pertanian Bogor, 1997
- YuyunDharojah. “Skripsi: Keanekaragaman Jenis Makrozoobentos Di Ekosistem Perairan Rawapening Kabupaten Semarang”. Semarang: Universitas Negeri Semarang, 2015
- Siti Rudiyaniti, *Kualitas Perairan Sungai Banger Pekalongan Berdasarkan Indikator Biologis*. Pekalongan: Jurnal Saintek Perikanan, 2011

- Suci Wulan Pawhestri, Jafron.W.Hidayat, Sapto P. Putro. *Assessment of Water Quality Using Macrobenthos as Bioindicator and Its Application on Abundance-Biomass Comparison (ABC) Curves*, Semarang: Universitas Diponegoro, 2015
- Suharsono, *Jendela Iptek Ekologi*. Bandung: Djambatan, 2000
- Taryati, *Pemahaman Masyarakat Terhadap Daerah Rawan Ekologi di Kabupaten Sragen dan Kabupaten Bojonegoro*. Semarang: Balai Pelestarian Sejarah dan Nilai Tradisional, 2012
- Wahyu budi setiawan, *Interaksi darat dan laut “pengaruhnya terhadap sumber daya dan lingkungan”*. Jakarta: LIPI Press, 2004
- Yogo Utomo, *Saprobitas Perairan Sungai Juwana Berdasarkan Bioindikator Plankton*. Semarang: Universitas Negeri Semarang, 2013

Lampiran 1

ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

Mikroskop Cannon AZ-73



Thermometer



Pinset



Cawan Pantri



Secchi Disk



Tabung Sampel Kecil



Container Box Kecil



Botol Sampel



Container Box Besar



Tabung Sampel Besar



Saringan



Pipa Paralon



pH Stick



Etanol



Formalin



Kayu

Lampiran 2

FOTO – FOTO PENELITIAN

Identifikasi Makrobentos



Penyaringan Sedimen



Pengambilan Sedimen



Pengukuran Kecerahan



Pengukuran Kedalaman



Pengukuran Suhu

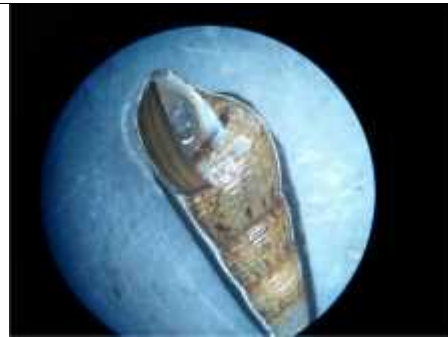
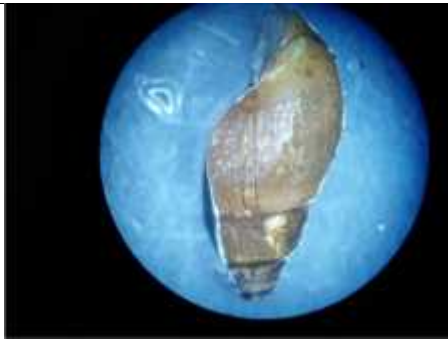
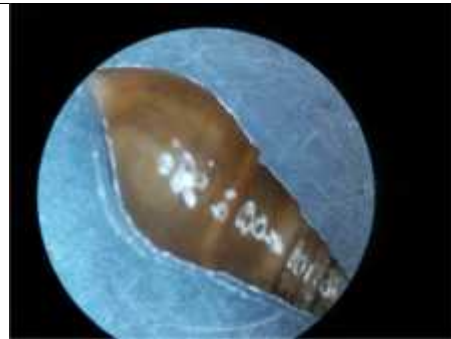


Pengukuran pH



Pengambilan Sampel Air

Lampiran 3

HASIL PENELITIAN MAKROBENTOSFamili *Lumbricidae*Famili *Lumbricidae*Famili *Thiaridae*Famili *Thiaridae*Famili *Pleuroceridae*Famili *Pleuroceridae*

Lampiran 6

SILABUS PEMBELAJARAN**Jenjang Sekolah : SMA****Mata Pelajaran : BIOLOGI****Kelas / Semester : X (SEPULUH)/II****Alokasi waktu : 8 x 45 menit (2x Pertemuan)****Standar Kompetensi : 4. Menganalisis hubungan antara komponen ekosistem, perubahan materi dan energi serta peranan manusia dalam keseimbangan ekosistem**

Kompetensi Dasar	Kompetensi sebagai Hasil Belajar	Materi Pembelajaran	Nilai Budaya dan Karakter Bangsa	Kewirausahaan/ Ekonomi Kreatif	Kegiatan Pembelajaran	Indikator Pencapaian Kompetensi	Penilaian	Alokasi Waktu	Sumber Belajar
4.2 Menjelaskan keterkaitan antara kegiatan manusia dengan masalah kerusakan/pencemaran lingkungan dan pelestarian lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mengidentifikasi tujuan berbagai aktivitas manusia ➤ Mengidentifikasi dampak berbagai aktivitas manusia ➤ Meneliti pengaruh zat pencemar terhadap organisme ➤ Mengidentifikasi dampak berbagai zat pencemar terhadap lingkungan 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Keseimbangan lingkungan ➤ Aktivitas manusia dan dampaknya terhadap lingkungan ➤ Beberapa bahan pencemar dan dampaknya ➤ Upaya pencegahan pencemaran lingkungan 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Jujur ➤ Kerja keras ➤ Toleransi ➤ Rasa ingin tahu ➤ Komunikatif ➤ Menghargai prestasi ➤ Tanggung jawab ➤ Peduli lingkungan 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Percaya diri ➤ Berorientasi tugas dan hasil 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Diskusi pengaruh aktivitas manusia terhadap lingkungan ➤ Diskusi tentang pencemaran lingkungan, sebab, dampak, dan upaya pencegahannya ➤ Melakukan eksperimen tentang pencemaran 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mengidentifikasi berbagai tujuan aktivitas yang dilakukan manusia ➤ Mengidentifikasi berbagai dampak akibat aktivitas manusia ➤ Meneliti pengaruh bahan pencemar terhadap organisme tertentu ➤ Menyimpulkan pengaruh bahan pencemar terhadap kehidupan organisme ➤ Menjelaskan dampak berbagai bahan pencemar terhadap 	<ul style="list-style-type: none"> • Jenis tagihan: <ol style="list-style-type: none"> 1. Laporan hasil eksperimen 2. Uji kompetensi tertulis • Instrumen Penilaian: <ol style="list-style-type: none"> 1. Lembar penilaian laporan hasil praktikum 2. Soal uji kompetensi tertulis 	4x45 menit	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Buku kerja Biologi IB, Igm, Kristiyono . P.S, Esis ➤ Buku teks biologi X, Dyah aryulina dkk, Esis, BAB XI ➤ Beberapa aktivitas manusia

						lingkungan ➤ Mendeskripsikan upaya pencegahan pencemaran lingkungan			
--	--	--	--	--	--	---	--	--	--

Guru Mata Pelajaran

Bandar Lampung, September 2017
Mahasiswa

Ambarwati
NIP. 196908251995122002

Teguh Santoso
NPM. 1311060151

Mengetahui,
Kepala SMA Negeri 1 Sekampung Udik

H. Nurhadi, S.Ag., M.Pd.I
NIP.-

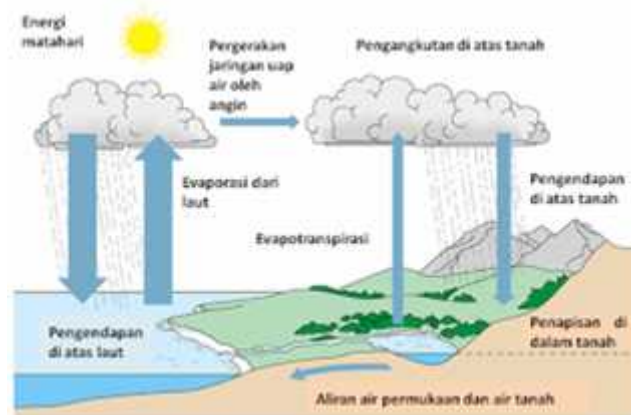
Lampiran 7

PRAKTIKUM PENCEMARAN AIR

A. Dasar Teori

Air merupakan komponen penting dalam kehidupan. Air sebagai sumber daya alam sangat penting dan mutlak diperlukan semua makhluk hidup, termasuk manusia. Air memiliki jumlah yang besar, yakni dua pertiga dari seluruh luas permukaan bumi. Air juga merupakan unsur pembentuk utama dalam tumbuhan, hewan dan manusia.

Air merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui dan tersedia melimpah dalam jumlah yang konstan dan memiliki siklus tetap. Jenis air yang paling banyak digunakan adalah air tawar.



Siklus Air
(Cummings, 2003)

1. Pencemaran Air

Pencemaran atau polusi air adalah penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya. Air yang tersebar di alam tidak pernah terdapat dalam bentuk murni, tetapi bukan berarti semua air sudah terpolusi. Sebagai contoh, meskipun di daerah pegunungan atau hutan yang terpencil dengan udara yang bersih dan bebas dari polusi, air hujan selalu mengandung bahan-bahan terlarut seperti CO_2 , O_2 dan N_2 , serta bahan-bahan tersuspensi seperti debu dan partikel-partikel lainnya yang terbawa dari atmosfer.

2. Polutan Air

Polutan air merupakan zat yang mencemari air. Polutan memiliki bentuk dan jenis yang beragam. Menurut bentuknya, polutan air dibagi menjadi tiga, yaitu :

- a. **Padat**, misalnya sampah, hasil erosi tanah dan sebagainya.
- b. **Cair**, misalnya limbah cair dari industri dan rumah tangga, hujan asam.
- c. **Gas**, misalnya gas karbon dioksida hasil pembakaran dari kendaraan atau asap pabrik, yang masuk ke dalam air melalui pertukaran udara.

3. Indikator Pencemaran Air

Pencemaran air dapat diketahui dari aspek fisik-kimia dan/atau aspek biologi. Beberapa indikator pencemar air aspek fisika-kimia adalah sebagai berikut :

a. pH (derajat keasaman)

pH suatu badan air merupakan indikasi keseimbangan antara asam (ditandai dengan ion H^+) dan basa (OH^-). Keduanya merupakan ion pembentuk air (H_2O). Air murni memiliki asam dan basa dalam jumlah yang seimbang pada pH 7. Air bersifat asam bila pH-nya kurang dari 7, dan bila lebih dari 7 air akan bersifat basa. Apabila pH air kurang dari 5 dan lebih dari 9, maka badan air tersebut telah dikatakan tercemar.

b. Suhu

Suhu air berkisar pada $25^{\circ}C$. Suhu air pada tiap badan air berbeda-beda tergantung pada ketinggian dan kondisi geografis. Suhu air di daerah tropis berbeda dengan suhu air di daerah subtropis. Air dikatakan tercemar apabila suhu air pada wilayah tersebut berubah secara drastis.

c. Warna

Air yang memenuhi syarat kesehatan secara umum adalah tidak berasa, tidak berbau dan tidak berwarna (jernih). Ketiga syarat tersebut bukan sekedar merupakan syarat estetika, tapi juga merupakan indikasi apakah air tersebut tercemar atau tidak. Perubahan warna air bisa diakibatkan karena partikel terlarut seperti lumpur, fitoplankton dan mikroorganisme yang bersifat mikroskopis.

Sumber pencemaran warna terutama berasal dari limbah cair industri cat, industri tekstil dan pencelupan kain, serta industri pewarna pakaian dan makanan.

B. Tujuan :

Mengenal beberapa Pencemaran Lingkungan beserta polutan penyebabnya.

C. Alat dan Bahan :

Lembar kerja mengenai Pencemaran Air

D. Langkah Kerja :

1. Bergabunglah dengan kelompok yang sudah dibentuk sebelumnya
2. Pilihlah satu lingkungan dengan indikasi adanya pencemaran air.
3. Amatilah, catat dan hitung jumlah organisme yang kalian jumpai.
4. Amatilah dan catat hasil pengamatanmu pada kondisi air meliputi warna, kekeruhan dan bau.
5. Jawablah pertanyaan-pertanyaan sesuai dengan materi yang diberikan.
6. Presentasikan hasil diskusimu!

E. Analisis Hasil :

1. Berapa banyak organisme hidup yang kalian temukan? Sebutkan!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Bagaimana kondisi perairan yang kalian amati?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

F. Jawablah pertanyaan berikut :

1. Sebutkan jenis polutan yang dapat mencemari suatu perairan!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Berasal dari manakah polutan yang mencemari lokasi pengamatan kalian?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Apa akibat pencemaran air bagi manusia dan lingkungan?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. Bagaimana cara pencegahan dan penanggulangan pencemaran air?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Kesimpulan:

Kesimpulan apa yang dapat kalian ambil mengenai pencemaran air?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Lampiran 10

**DATA HASIL PENGAMATAN INDIKATOR FISIKA, KIMIA, dan
BIOINDIKATOR**

1. Indikator Fisika

No.	Stasiun	Plot	pH			DO			BOD			COD		
			SP	SK	RATA	SP	SK	RATA	SP	SK	RATA	SP	SK	RATA
1.	I	Kanan	7	7	7	6	6	6	1	2	1,5	1	1	1
		Tengah	6	7	6,5	6	6	6	2	3	2,5	1	1	1
		Kiri	7	7	7	5	6	5,5	2	3	2,5	2	2	2
2.	II	Kanan	7	7	7	6	5	5,5	2	2	2	1	1	1
		Tengah	7	6	6,5	6	5	5,5	2	2	2	2	2	2
		Kiri	6	7	6,5	6	5	5,5	2	2	2	1	1	1
3.	III	Kanan	7	7	7	6	6	6	2	3	2,5	2	2	2
		Tengah	8	7	7,5	6	6	6	2	3	2,5	2	2	2
		Kiri	8	7	7,5	5	5	5	2	3	2,5	2	2	2

2. Indikator Kimia

No.	Stasiun	Plot	Suhu (°C)			Kedalaman (cm)			Kekeruhan (cm)		
			SP	SK	RATA	SP	SK	RATA	SP	SK	RATA
1.	I	Kanan	28	29	28,5	25	15	20	24,5	15	19,75
		Tengah	28	28	28	37	21	29	30	21	15,5
		Kiri	28	30	29	16	10	13	16	10	13
2.	II	Kanan	26	28	27	16	6	11	16	6	11
		Tengah	26	28	27	22	19	20,5	22	19	20,5
		Kiri	27	28	27,5	20	12	16	20	12	16
3.	III	Kanan	28	29	28,5	27	18	22,5	27	18	22,5
		Tengah	27	29	28	17	8	12,5	13	8	10,5
		Kiri	27	30	28,5	17	2	9,5	13	2	7,5

3. Bioindikator

a. Stasiun I

No.	Plot	Famili	Jumlah	Total Individu	Sampel Pertama (SP)			
					Pi	H'	C	Evennes
1.	Kanan	<i>Pleuroceridae</i>	1	12	0,083	0,207	0,007	0,083
		<i>Thiaridae</i>	9		0,750	0,216	0,563	0,087
		<i>Lumbricidae</i>	2		0,167	0,299	0,028	0,120
					1,000	0,721	0,597	0,290
2.	Tengah	<i>Pleuroceridae</i>	2	8	0,250	0,347	0,063	0,167
		<i>Thiaridae</i>	6		0,750	0,216	0,563	0,104
					1,000	0,562	0,625	0,270
3.	Kiri	<i>Pleuroceridae</i>	2	8	0,250	0,347	0,063	0,167
		<i>Thiaridae</i>	6		0,750	0,216	0,563	0,104
					1,000	0,562	0,625	0,270

No.	Plot	Famili	Jumlah	Total Individu	Sampel Kedua (SK)			
					Pi	H'	C	Evennes
1.	Kanan	<i>Pleuroceridae</i>	6	6	1,000	0,000	1,000	0,000
					1,000	0,000	1,000	0,000
2.	Tengah	<i>Pleuroceridae</i>	2	4	0,500	0,347	0,250	0,250
		<i>Thiaridae</i>	2		0,500	0,347	0,250	0,250
					1,000	0,693	0,500	0,500
3.	Kiri	<i>Thiaridae</i>	3	3	1,000	0,000	1,000	0,000
					1,000	0,000	1,000	0,000

b. Stasiun II

No.	Plot	Famili	Jumlah	Total Individu	Sampel Pertama (SP)			
					Pi	H'	C	Evennes
1.	Kanan	<i>Pleuroceridae</i>	1	8	0,125	0,260	0,016	0,125
		<i>Thiaridae</i>	7		0,875	0,117	0,766	0,056
					1,000	0,377	0,781	0,181
2.	Tengah	<i>Pleuroceridae</i>	1	4	0,250	0,347	0,063	0,250
		<i>Thiaridae</i>	3		0,750	0,216	0,563	0,156
					1,000	0,562	0,625	0,406
3.	Kiri			-	0,000	0,000	0,000	0,000

No.	Plot	Famili	Jumlah	Total Individu	Sampel Kedua (SK)			
					Pi	H'	C	Evennes
1.	Kanan	<i>Pleuroceridae</i>	3	3	1,000	0,000	1,000	0,000
					1,000	0,000	1,000	0,000
2.	Tengah	<i>Pleuroceridae</i>	1	4	0,250	0,347	0,063	0,250
		<i>Thiaridae</i>	3		0,750	0,216	0,563	0,156
					1,000	0,562	0,625	0,406
3.	Kiri	<i>Thiaridae</i>	2	2	1,000	0,000	1,000	0,000
					1,000	0,000	1,000	0,000

c. Stasiun III

No.	Plot	Famili	Jumlah	Total Individu	Sampel Pertama (SP)			
					Pi	H'	C	Evennes
1.	Kanan	<i>Pleuroceridae</i>	1	6	0,167	0,299	0,028	0,167
		<i>Thiaridae</i>	5		0,833	0,152	0,694	0,085
					1,000	0,451	0,722	0,251
2.	Tengah	<i>Pleuroceridae</i>	2	2	1,000	0,000	1,000	0,000
					1,000	0,000	1,000	0,000
3.	Kiri			-	0,000	0,000	0,000	0,000

No.	Plot	Famili	Jumlah	Total Individu	Sampel Kedua (SK)			
					Pi	H'	C	Evennes
1.	Kanan	<i>Pleuroceridae</i>	3	5	0,600	0,306	0,360	0,190
		<i>Thiaridae</i>	2		0,400	0,367	0,160	0,228
					1,000	0,673	0,520	0,418
2.	Tengah	<i>Thiaridae</i>	1	1	1,000	0,000	1,000	0
					1,000	0,000	1,000	0,000
3.	Kiri	<i>Thiaridae</i>	1	3	0,333	0,366	0,111	0,333
		<i>Pleuroceridae</i>	2		0,667	0,270	0,444	0,246
					1,000	0,637	0,556	0,579